

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra stavebních hmot a diagnostiky staveb

Stavebně technický průzkum zemědělského objektu
Technical building investigation of agricultural building

Student: Andrzej Rygiel
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Tereza Majstríková, Ph.D.

Ostrava 2019

Zadání bakalářské práce

Student: **Andrzej Rygiel**
Studijní program: **B3607 Stavební inženýrství**
Studijní obor: **3647R019 Stavební hmoty a diagnostika staveb**
Téma: **Stavebně technický průzkum zemědělského objektu**
Technical building investigation of agricultural building
Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

Zemědělské objekty tvoří specifickou skupinu staveb. Zejména díky svému využití jsou obvykle vystaveny působení celé škály degradačních faktorů, jak fyzikálních, tak i chemických a biologických, které mohou ovlivňovat jejich trvanlivost. Za specifické lze u staveb zbudovaných v minulém století pro čistě zemědělské účely považovat použití širokého spektra různých stavebních materiálů s proměnlivou kvalitou. V rámci stavebně technický průzkum je u takových zemědělských objektů důležité určit zejména jejich konstrukční řešení, stanovit materiálové charakteristiky, identifikovat a popsat kritická místa staveb, a v neposlední řadě se zaměřit na problematiku zasolení a kvantifikace soli.

V rámci této závěrečné práce bude v první teoretické části (teoretická) pojednáno o problematice stavebně technických průzkumů, dále pak o vadách a poruchách zaměřených na specifika zemědělských staveb, a následně o diagnostice zděných i železobetonových konstrukcí. Ve druhé části (praktické) bude na vybraném zemědělském objektu proveden stavebně technický průzkum s identifikací kritických míst, stanovením fyzikálně – mechanických parametrů a v neposlední řadě bude provedeno hodnocení salinity. Získané výsledky tak budou směřovat k zhodnocení současného stavu zkoumaného objektu.

Seznam doporučené odborné literatury:

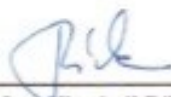
- Balík, M. Odvlhčování staveb, Praha: Grada, 2008, ISBN 978-80-247-2693-9
Hanykýt, V., Kutzendörfer, J. Technologie keramiky, Praha: Silikátový svaz, 2008, ISBN: 978-80-86821-48-1
Mencl, V. Stavebně technické průzkumy, Praha: ČKAIT, 2012, ISBN 978-80-87438-27-5
Witzany, J., et al. PDR – Poruchy, degradace a rekonstrukce, Praha: ČVUT, 2010, ISBN 978-80-01-04488-9
ČSN EN 772-1 Zkušební metody pro zdící prvky - Část 1: Stanovení pevnosti v tlaku (2016)
ČSN EN 772 5 Zkušební metody pro zdící prvky - Část 5: Stanovení obsahu aktivních rozpustných solí v pálených zdících prvcích (2017)
ČSN 722600 Cihlářské výrobky. Společná ustanovení (2016)
ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí (2011)
ČSN EN 12504-1 Zkoušení betonu v konstrukcích - Část 1: Vývrtý - Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku (2009)
ČSN EN 12504-2 Zkoušení betonu v konstrukcích - Část 2: Nedestruktivní zkoušení - Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem (2013)
ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí (2014)
ČSN EN ISO 12570 Tepelně vlhkostní chování stavebních materiálů a výrobků - Stanovení vlhkosti sušením při zvýšené teplotě (2018)

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tereza Majstříková, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2018

Datum odevzdání: 06.05.2019



doc. Ing. Vlastimil Bílek, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucí Ing. Terezy Majstríkové Ph.D. a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, же Высoкá škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, же odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

Poděkování

Touto cestou bych chtěl vyjádřit velké díky paní doktorce Ing. Tereze Majstríkové, Ph.D. za rady, pomoc a pečlivou korekci, kterou mi poskytovala v průběhu vypracování této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval zaměstnancům laboratoře stavebních hmot, panu Ing. Liboru Žídkovi a panu Daliboru Mecovi za odborné rady a pomoc s odběrem a odzkoušením zkušebních vzorků. Velké díky taky majiteli zemědělského objektu, panu Romanu Vykydalovi za zpřístupnění a povolení provedení potřebných měření.

Anotace

Zemědělské objekty, ať už funkční nebo neužívané, se vyskytují téměř v každém sídelním útvaru. Tyto stavební konstrukce jsou specifické svou technologií výstavby, způsobem využití a také degradací, což ovlivňuje i metodiku provádění stavebně technického průzkumu. V rámci bakalářské práce je tak na konkrétním případě zděného zemědělského objektu řešena jeho diagnostika.

V rámci teoretické části této práce je uvedena problematika cihelného zdiva i železobetonových prvků, dále vad, poruch a degradací, a v neposlední řadě stavebně technických průzkumů. Praktická část je zaměřená na stavebně technický průzkum konkrétního zemědělského objektu ve vesnici Šunychl. V rámci předběžné fáze průzkumu byly popsány stavební konstrukce a identifikovány kritická místa. Podrobná fáze průzkumu staveb zahrnovala diagnostická měření související právě s využitím pro zemědělské účely, konkrétně stanovení vlhkosti, salinity a pevnosti materiálu. Na základě těchto výsledků bylo možné identifikovat problémy řešené stavby a celkově zhodnotit její současný stav, čehož lze analogicky využít i u dalších zemědělských objektů.

Annotation

Agricultural buildings, functional or unused, occur in almost every settlement. These building structures are specific for their technology of construction, way of use and also for degradation, which also influences the methodology of a technical building investigation. In the framework of the bachelor thesis, its diagnostics is solved on an agricultural building which is built from bricks..

In the theoretical part of this work there is presented the issue of brickwork and reinforced concrete elements, as well as defects, failures and degradation, and last but not least, technical building investigation. The practical part is focused on the technical building investigation of a specific agricultural object in the village of Šunychl. In the preliminary phase of the investigation, building structures and critical points were identified. The detailed survey of the buildings included diagnostic measurements related to agricultural use, namely the determination of moisture, salinity and strength of the material. On the basis of these results it was possible to identify the problems of the solved construction and to evaluate its current state, which can be used analogously in other agricultural objects.

Klíčová slova

Stavebně-technický průzkum, cihelné zdivo, pálené cihly, pevnost v tlaku, obsah soli, vlhkost, degradace

Key words

Technical-building investigation, brick masonry, burnt bricks, compressive strenght, salinity, moisture, degradation

Obsah práce

I.	Teoretická část.....	1
1.	Úvod	1
2.	Cihelné zdivo.....	2
2.1	<i>Výroba pálených cihel</i>	<i>2</i>
2.2	<i>Vlastnosti pálených cihel</i>	<i>3</i>
2.3	<i>Vazby cihelného zdiva</i>	<i>4</i>
3.	Železobetonové prvky.....	6
4.	Vady a poruchy konstrukcí.....	7
4.1	<i>Trhliny a deformace</i>	<i>7</i>
4.2	<i>Vlhkostní problematika</i>	<i>10</i>
4.3	<i>Degradace</i>	<i>13</i>
5.	Stavebně technický průzkum dle ČSN ISO 13822.....	17
5.1	<i>Předběžný stavebně technický průzkum.....</i>	<i>19</i>
5.2	<i>Podrobný stavebně technický průzkum</i>	<i>20</i>
5.3	<i>Doplňující stavebně technický průzkum</i>	<i>20</i>
II.	Praktická část.....	21
6.	Popis zemědělského objektu v Šunychlu	21
7.	Předběžný stavebně – technický průzkum	23
7.1	<i>Stavební objekt 1</i>	<i>23</i>
7.2	<i>Stavební objekt 2</i>	<i>25</i>
7.3	<i>Stavební objekt 3</i>	<i>28</i>
7.4	<i>Zbylé stavební objekty.....</i>	<i>29</i>
8	Podrobný stavebnětechnický průzkum	31
8.1	<i>Značení odběrných míst, vzorků a sond.....</i>	<i>31</i>
8.2	<i>Stanovení vlhkosti zdiva</i>	<i>32</i>

8.3	<i>Stanovení zasolení zdiva.....</i>	35
8.4	<i>Stanovení pevnosti zdiva v tlaku</i>	39
8.5	<i>Posouzení železobetonových ztužujících věnců na objektech SO2 a SO3</i>	48
9	Zhodnocení	51
10	Seznam použitých zdrojů	54
	<i>Seznam použité literatury.....</i>	54
	<i>Seznam použitých internetových odkazů.....</i>	55
	<i>Seznam obrázků</i>	56
	<i>Seznam tabulek</i>	58
	<i>Seznam příloh</i>	58

Seznam použitého značení

f_b	Pevnost v tlaku zdících prvků	[MPa]
f_k	Charakteristická pevnost v tlaku zdiva	[MPa]
f_m	Pevnost v tlaku malty	[MPa]
K	Konstanta závislá na druhu zdiva a skupiny zdících prvků	[-]
m	Hmotnost tělesa	[g]
m_s	Hmotnost vzorku po vysušení	[g]
m_v	Hmotnost vzorku před vysušením	[g]
n	Počet vzorků	[-]
P	Hmotnost prášku v roztoku	[μ g]
R	Pevnost v tlaku stanovená pomocí Kučerové vrtačky	[MPa]
R_m	Výběrový aritmetický průměr náhodné veličiny R	[MPa]
S_r	Výběrová směrodatná odchylka	[-]
STP	Stavebně technický průzkum	
t_n	Koeficient pro určení konfidenčního intervalu	[-]
w	Hmotnostní vlhkost	[-]
γ	Specifická konduktivita	[μ S/cm]
γ_a	Specifická konduktivita připraveného roztoku	[μ S/cm]
γ_b	Specifická konduktivita demineralizované vody	[μ S/cm]
ρ	Objemová hmotnost	[kg/m ³]
σ	Pevnost v tlaku	[MPa]

I. Teoretická část

1. Úvod

Cihelné konstrukce vykazují dlouhodobou životnost, ale je potřeba o ně pečovat, jelikož cihly jako takové podléhají v nepříznivých podmínkách rychlé degradaci (např. vlivem povětrnostních vlivů, vlhkosti). Vhodnými diagnostickými metodami lze získat potřebné informace, na základě kterých se navrhne sanační zákrok. Hlavním účelem sanace je zvýšit životnost materiálů a také životnost celé konstrukce.

V České republice se nachází celkem 54 071 [17] aktivních zemědělských podniků. U těchto objektů je zvýšené nebezpečí vad a poruch z důvodů nešetrného zacházení, zanedbávání údržby a dotování konstrukcí škodlivými látkami podporující degradační procesy jako jsou například dusičnany a chloridy. Proto je u takových objektů důležité před sanací provést stavebně technický průzkum, který pomůže s odhalením příčin vzniku vad a poruch a s návrhem sanace.

Cílem této bakalářské práce je v teoretické části pojednat o výrobě cihel, používaných vazbách cihelného zdiva a následně se zaměřit na vady a poruchy zděných konstrukcí, konkrétně na trhliny a deformace, vlhkostní problematiku a fyzikální, biologickou a chemickou degradaci. Okrajově je zde zmíněna i problematika železobetonových prvků. V neposlední řadě je popsán stavebně technický průzkum.

V praktické části se tato bakalářská práce zaměřuje na konkrétní funkční zemědělský objekt skládající se z vícero stavebních objektů, na kterých byl proveden stavebně-technický průzkum s analýzou kritických míst. Byly odebrány vzorky pro stanovení vlhkosti, zasolení a pevnosti v tlaku destruktivní metodou. IN SITU byla provedena zkouška Kučerovou vrtačkou pro zjištění orientačních pevnosti zdících malt a porovnání pevnosti zdících prvků v standartních i kritických místech. Jelikož u dvou zkoumaných stavebních objektů tvoří významné konstrukční prvky i železobetonové věnce, byla na nich stanovena poloha výztuže a hloubka karbonatace betonu. V závěrečné části je zhodnocen stav zkoumaných objektů společně s návrhem sanačních zákroků u identifikovaných vad a poruch.

2. Cihelné zdivo

Pálené cihly a cihelné zdivo patří do stavební keramiky a jsou jedním z nejstarších a nejrozšířenějších stavebních materiálů. V dnešní době se cihelné zdivo používá ve formě cihel, nebo cihelných tvárnic. Jeden z hlavních důvodů oblíbenosti tohoto stavebního materiálů je poměrně nízká cena, snadné zpracování, pevnost, trvanlivost, a hlavně rychlost výstavby. Spojování cihel nebo tvárnic je zajištěno pomocí různých druhů malt (např. vápenocementové, cementové), nebo speciálních lepidel.

2.1 Výroba pálených cihel

Pro výrobu pálených cihel je zapotřebí cihlářských surovin, které se dělí na suroviny tvárnivé a netvárlivé. Tvárnivé (plastické) suroviny po smísení s vodou vytváří plastické těsto, které lze tvarovat, sušit a poté vypálit. Mezi tvárnivé suroviny patří cihlářské jíly a hlíny. Netvárlivé (neplastické) suroviny nejsou určeny k vytváření plastického těsta, ale modifikují chování směsi při sušení a výpalu. Mohou být přírodního původu (sedimentární horniny), nebo se jedná o druhotné suroviny (popílek, piliny, kaly). Netvárlivé suroviny se dělí na ostřiva, které svým složením ovlivňují tvárnost těsta a chování během sušení a pálení (snižují plastičnost, smršťování), a lehčiva, která ovlivňují objemovou hmotnost, což má za následek zlepšení tepelně izolačních vlastností.

Těžba cihlářských surovin se provádí povrchovým způsobem pomocí různé těžební techniky. Těžební prostor, ve kterém se těží cihlářské suroviny, se nazývá hliniště. Ve většině případech jsou výrobní závody v blízkosti hliniště, aby se usnadnila přeprava vytěžené suroviny do závodu. Přeprava se zajišťuje pomocí nákladních vozidel, nebo pomocí dopravníkových pásů k místě uskladnění. Cihlářské suroviny se uskladňují z důvodu, aby byly vytvořeny zásoby pro výrobu a také dochází k nutné homogenizaci suroviny.

Po homogenizaci cihlářských surovin následuje samotná příprava suroviny. V této fázi výroby cihel jde o modifikaci vlastností vytěžené suroviny tak, aby finální těsto mělo co nejlepší vlastnosti. Upravuje se množství vody potřebné k přípravě těsta, přidávají se lehčiva, ostřiva a další příměsí. Velmi důležité je provedení drcení, mletí a mísení pro zajištění dokonalé homogenizace. V rámci přípravy suroviny je také důležité propařování suroviny pomocí horké páry a poté se ve vakuové komoře šnekového lisu provede odvzdušnění těsta. Vlhkost se zde pohybuje v rozmezí 18–22 %. [1]

Dalším krokem je tvarování cihel do požadovaných rozměrů a tvarů. Nejčastěji se pro výrobu cihel používá plastické těsto, které se nalije do forem s tvarem cihly. Další možnost výroby cihel je tažení neboli protlačování pomocí šnekových lisů. Plastická hmota je protlačována skrz tvarované ústí, a tím vzniká pásmo těsta stálého profilu, které se následně odřezává na potřebné délky pomocí strun. Vytvarované cihly mají vlhkost cca 18-20 % a je nutné ji snížit na hodnotu 1-2 %. Snížení vlhkosti se provádí v kanálových nebo komorových sušárnách po dobu 12 hodin až 3 dnů. Při sušení dochází k smrštění a může dojít i k deformacím a musí se tyto hodnoty kontrolovat. [2]

Vysušené cihly jsou připraveny pro samotný výpal. V současnosti výpal nejčastěji probíhá v tunelových pecích, protože umožňují nepřetržitý provoz. Při výpalu dochází působením vysokých teplot ke změnám fyzikálním a chemickým. Výpal probíhá při teplotách 900 až 1200 °C. Tunelová pec je rozdělená na 3 částí, ve kterých jsou rozdílné teploty. První část je zahřívací, kterou celá pec začíná a jsou do ní vkládány cihly na pohyblivé pecní vozíky. V druhé části se nachází žárové pásmo, kde dochází k samotnému výpalu. V této části jsou také nejvyšší teploty. Poslední, třetí část, slouží k postupnému ochlazení vypálených cihel na nižší teplotu. Po ochlazení cihel na okolní teplotu se provede kontrola kvality.

2.2 Vlastnosti pálených cihel

Kvalitu pálených zdících prvků, včetně cihel, ovlivňuje zejména kvalita výchozích surovin, způsob zpracování a teplota výpalu.

Tab. 1 - Základní vlastnosti vybraných cihelných prvků

Název	Rozměr [mm]	Hmotnost [kg]	Objemová hmotnost ρ [kg/m ³]	Pevnost v tlaku σ [MPa]
CPP	290x140x65	4,5	1600-1900	15
Cihla děrovaná	290x290x140	13,0	1100	10
Cihla vylehčená	190x145x140	5,8	1000-1100	10
Klinker plná	290x140x65	5,9	2200	60
Vepřovice	290x140x60	4,9	2000	5
Porotherm 44 profi	440x248x249	20,4	750	15
Keratherm P+D	440x245x238	20,4	734	10

Pálené zdící prvky jsou velmi vhodným stavebním materiálem zejména díky dlouhodobé trvanlivosti, stabilitě, mrazuvzdornosti, dobrým tepelně a zvukově izolačním vlastnostem a nehořlavosti. Jsou ekologické při výrobě i používání a také jsou poměrně snadno recyklovatelné. Základní typy cihelných prvků a jejich základní vlastnosti jsou znázorněny v tabulce výše (Tab. 1). [1]

Pro popis zdících prvků je významná objemová hmotnost, jejíž hodnoty jsou determinovány pórovitostí, kde čím vyšší je obsah póru, tím nižší je objemová hmotnost. Objemová hmotnost zdících prvků významně ovlivňuje další parametry, jako je například pevnost v tlaku. Sledovanou charakteristikou je i pórovitost, kde se měří poměr objemů uzavřených, otevřených, nebo obou typů pórů obsažených ve vzorku k jeho celkovému objemu včetně všech dutin a pórů. Pórovitost má přímou souvislost s nasákavostí a vlhkostí materiálu, které nepříznivě ovlivňují pevnost cihel a celkově trvanlivost konstrukce. Pevnost v tlaku je další ze základních vlastností, která má vliv na dlouhodobou životnost a stabilitu konstrukce. Hodnoty pevnosti v tlaku ovlivňuje právě objemová hmotnost prvků, způsob výroby (zejména teplota výpalu cihelného střepu) a vlhkost, která redukuje pevnost a dále urychluje degradační procesy.

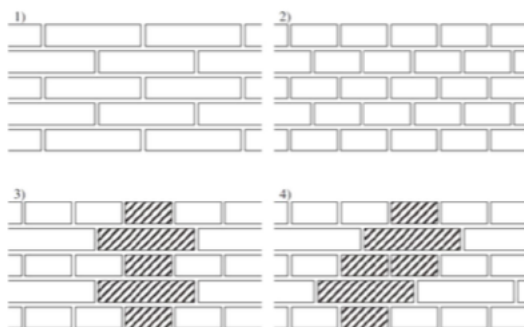
2.3 Vazby cihelného zdiva

Uložením cihel na maltu vzniká vazba zdiva. Vazba má za cíl, aby došlo k správnému provázání cihel a aby nevznikly propojené styčné spáry. Tato vazba má velký vliv na rovnoměrné roznesení tlaku ve zdivu. Pro dosažení správné vazby zdiva je zapotřebí dodržet tyto zásady: [3]

- všechny styčné spáry v každé vrstvě musí být překryty cihlou v další vrstvě o $1/4$ až $1/2$ délky cihly;
- ložné spáry musí být kolmé k tlaku, tedy vodorovné;
- ve zdivu se má použít co nejvíce plných cihel, s výjimkou míst křížení, zalomení, nebo ukončení stěny, kdy se můžou použít tříčtvrtky nebo půlky.

Principiálně jsou dva způsoby uložení cihly do zdiva. Buď je délka cihly rovnoběžná s lícem stěny, takto uloženou cihlu nazýváme běhounem, nebo s délkou kolmou na líc stěny, v tomto případě se jedná o vazák.

Zdivo tloušťky $\frac{1}{2}$ cihly obsahuje pouze běhouny, má běhounovou vazbu a tyto běhouny se převazují o $\frac{1}{2}$ cihly. Zdivo tloušťky totožné s délkou cihly má vazákovou vazbu a vazáky se v této vazbě překrývají o $\frac{1}{4}$ cihly. Stěny tloušťky $1 \frac{1}{2}$ cihly a tlustších se v lící vyskytují vazáky i běhouny. Pravidelnými změnami jejich uspořádání vznikají různé vazby, z nichž nejběžnější je vazba polokřížová. Ve svislém směru se střídají vazákové a běhounové vrstvy při délce převázání rovné vždy $\frac{1}{4}$ cihly. Styčné spáry vazákových vrstev jsou nad sebou. Totéž platí i pro běhounové vrstvy. Druhou nejčastější vazbou je vazba křížová, kdy se ve svislém směru střídají opět běhounové a vazákové vazby, při délce převázání vždy rovném $\frac{1}{4}$ cihly.



1-běhounová, 2-vazáková, 3-polokřížová, 4-křížová

Obr. 1- Základní vazby zdiva [4]

Styčné spáry vazákových vrstev jsou nad sebou. Styčné spáry běhounových vrstev jsou o $\frac{1}{2}$ cihly posunuty. Nejpoužívanější typy vazeb jsou zobrazeny na obrázku níže. [4](Obr. 1)

Cihelné zdivo bylo v minulosti, a i v současnosti, používáno také jako výplňová část u hrázděného zdiva. Hrázděným zdivem, se označuje konstrukce, kde nosnou kostru tvoří vodorovné a svislé prvky s případným šikmým ztužením vyrobeným převážně ze dřeva (Obr. 2), ale i z kovu, nebo železobetonu (Obr. 3).



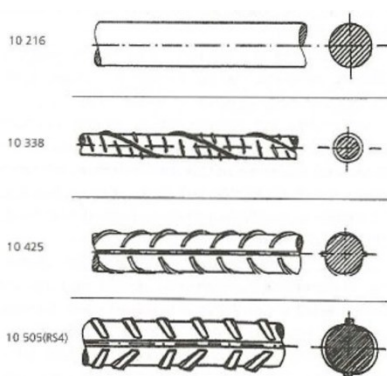
Obr. 2 - Příklad hrázděného zdiva (dřevo-cihla)



Obr. 3 - Příklad hrázděného zdiva (beton-cihla)

3. Železobetonové prvky

Z důvodu nízkých pevností betonu v tahu, lze beton ve většině případů používat pouze pro konstrukce zatížené tlakem. Z toho důvodu se do betonových konstrukcí začala přidávat ocelová výztuž, která má oproti betonu vysokou pevnost v tahu. Tímto vylepšením se železobeton stal jedním z nejčastěji používaných stavebních materiálů současnosti. Pro správnou funkci výztuže v betonu, je třeba zajistit, aby byla dodržena dostatečná krycí vrstva betonu, která svým alkalickým prostředím chrání výztuž před korozi. Dále je potřeba zajistit vzájemnou soudržnost betonu s ocelí pro přenášení velkých tahových sil, tomu napomáhají tvarované výstupky na betonářské výztuži (Obr. 4). Součinitel tepelné roztažnosti betonu a oceli je přibližně stejný, díky tomu v železobetonu nevznikají vnitřní napětí způsobené změnami teplot.



Obr. 4 - Příklady betonářských ocelí [5]

Železobeton se v dnešní době využívá v téměř všech typech konstrukcí, od základových pásů, přes sloupy a pilíře až po stěny, průvlaky, stropy a ztužující věnce u konstrukcí z jiných stavebních materiálů. Provádí se buď monoliticky na stavbě, nebo prefabrikovaně v továrně, kdy takto vytvořené prefabrikáty jsou následně převezeny na stavbu a zabudovány.

4. Vady a poruchy konstrukcí

V této kapitole se tato práce zaměří na typické vady a poruchy, které se běžně vyskytují na všech typech konstrukcí.

4.1 Trhliny a deformace

Vznik trhlin je jedním z hlavních a dobře viditelných ukazatelů možných poruch stavebních konstrukcí. Trhlina je důsledek překročení mezi pevností daného materiálu. Každá trhlina svědčí o pohybu určité části stavby. Současně může docházet také k místnímu drcení materiálu. Vzhled trhliny, její tvar, orientace, rozměry, poloha průběh vedou k zjištění příčiny vzniku trhliny. U zdiva závisí poloha a směr trhlin závisí na pevnosti jednotlivých složek zdiva, vlhkosti, na stavu napětí ve zdivu, na vazbě, na míře vyplnění spár maltou a na způsobu děrování kusového staviva.

Trhliny ve zděných konstrukcích se klasifikují zejména podle těchto hledisek: [6]

- podle příčiny vzniku (silové nebo přetvárné účinky zatížení);
- podle stavu napětí, popř. stavu přetvoření ve zděném prvku (rovinný nebo prostorový stav napjatosti);
- podle aktivity;
- podle polohy trhlin vzhledem k ložným a styčným spárám;
- podle průběhu (přímé, svislé, zalomené, šikmé);
- podle šířky a proměnnosti podél délky trhliny;
- podle druhu zděného prvku nebo konstrukce.

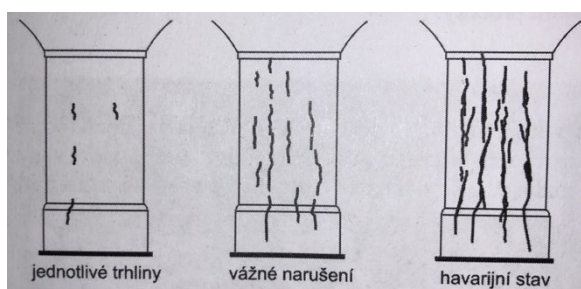
Nejčastější příčiny trhlin ve zděných konstrukcích jsou [7]:

- trhliny způsobené nerovnoměrným sedáním v základové spáře;
- trhliny ve zdivu, vzniklé nedostatečnou hloubkou základů;
- trhliny vzniklé v důsledku technické seismicity;
- trhliny vzniklé v důsledku teplotních změn;
- přetížení cihelného zdiva.

Trhliny v cihelném zdivu jsou nejčastěji způsobeny nedostatečně dimenzovanými, nebo špatně provedenými základy. Kolmice vedené k průběhu trhliny ukazují zpravidla na stranu, na které dochází k poklesu základů. Pokud je pokles základů pomalý, trhlina

je vedená v ložných a styčných spárách a má schodovitý tvar. Při náhlém poklesu základu trhlina neprochází pouze spárami, ale i přes cihlu.

Trhliny mohou vznikat také přetížením, například u cihelného sloupu je nadměrné namáhání tlakem signalizováno svislými trhlinami, a ve zdivu pod přetíženým pilířem vznikají trhliny, které směřují od pilíře šikmo dolů do všech stran. Tento jev narušuje bezpečnost stavby a je nutné jej bezodkladně řešit. Překročením meze únosnosti se zdivo deformuje. Nejprve se začnou objevovat trhliny v jednotlivých cihlách, obvykle v prodloužení styčné spáry. Při rostoucím přetížení se tato trhlina prodlužuje oběma směry. Po překročení meze únosnosti se zdivo rozestupuje, vybočuje a bortí (Obr. 5).



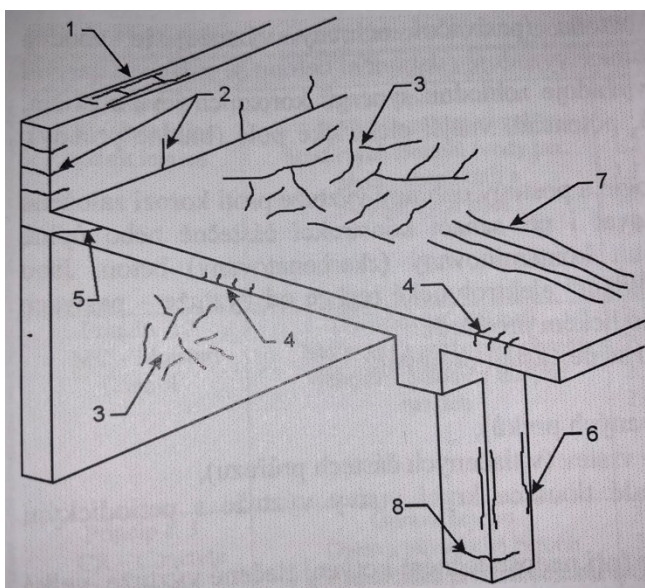
Obr. 5 - Porušení tlačného zděného pilíře [6]

Problematika trhlin je obdobná i u železobetonových konstrukcí, kdy navíc dochází k redukci trvanlivosti a urychlení korozních procesů v betonu. Významným degradačním činitelem je v tomto případě koroze výztuže, která často způsobuje vznik trhlin. Ke korozi výztuže dochází v případě, kdy je krycí vrstva silně porézní a umožňuje pronikání kyslíku a vody k výztuži, nebo když v krycí vrstvě dojde k poklesu pH vlivem karbonatce betonu pod 9. Korozní produkty nabývají na objemu a tím vnášejí do konstrukce tahové síly, které způsobují vznik trhlin, v horším případě odpadnutí kusů krycí vrstvy (Obr. 6). Trhliny v betonu buď procházejí, nebo neprocházejí kamenivem. Vždy dojde k porušení nejslabší část, což může být cementový tmel, v případě porušení procházejícím kamenem byla překročená pevnost kamene v tahu. Mezi trhliny, které nikdy neprocházejí kamenivem patří smršťovací trhliny.



Obr. 6 - Příklad odpadlé krycí vrstvy betonu

Tvar a umístění trhlin podobně jako u zděných konstrukcí indikuje pravděpodobnou příčinu vzniku. Příklady porušení železobetonových konstrukcí v závislosti na použité výrobní technologii, objemových změnách betonu a převažujícím namáháním je znázorněno na obrázku níže (Obr. 7).



Obr. 7- Příklad trhlín u železobetonových konstrukcí [6];

1 – plastické sedání betonu na výztužích, 2 – dlouhodobé smršťování od vysychání, 3 – plastické smršťování mladého betonu, 4 – trhliny od ohybového momentu, 5 – smykové trhliny, 6 – trhliny způsobené korozi výztuže, 7 – smršťování betonu nad výztuží, 8 – koroze výztuže účinkem chloridů

Při ověřování trhlin, musíme zjistit jejich základní charakteristiky, jako jsou tvar, šířka a zdali je trhlina aktivní (stále v pohybu), nebo pasivní (bez dalších pohybů). Dále je potřeba zjistit, jestli trhlina neprochází celým objektem a jakou soustavu tvoří trhliny po celé výšce objektu. Pro zkoumání trhlin je potřeba odstranit povrchovou vrstvu a dostat se ke konstrukci.

Pro ověřování trhlin jsou používány následující přístroje a pomůcky:

- sádrové destičky – primárně slouží pro určení aktivity trhlin;
- karta na měření šířky trhliny – slouží pro vizuální porovnání tloušťky trhliny s tloušťkami na šabloně;
- lupa se stupnicí – jedná se o lupu, která je vybavena měřítkem pro odečet šířky trhliny, případně umožňuje sledování stavu okrajů trhliny;
- mikroskop – umožňuje detailní zobrazení trhliny, navíc lze mikroskop propojit s digitální kamerou nebo fotoaparátem pro pozdější vyhodnocování pomocí vhodného softwaru;
- tenzometry (mechanické, strunové nebo odporové) – umožňují záznam změn šířky trhliny.

4.2 Vlhkostní problematika

Jednou z nejčastějších příčin degradace konstrukcí je vlhkost. Vlhkost v kombinaci s působením mrazu případně i s obsahem vodou rozpustných solí vede velmi často k dlouhodobým degradačním procesům, které způsobují rozpad stavebních konstrukcí. Pro betonové konstrukce to znamená urychlení procesu karbonatace, depasivaci výztuže a celkové urychlení degradací. U zděných konstrukcí je vlhkost velmi závažný problém, jelikož významně ovlivňuje fyzikálně-mechanické vlastnosti cihel. Vlhkost způsobuje degradaci a rozpad jednotlivých cihel a malty ve spárách, uvolňování cihel z konstrukce, postupné rozrušování a rozpad zdiva s následným snížením únosnosti a ztrátou způsobilosti konstrukce.

Při zvýšené vlhkosti v konstrukci je důležité odhalit zdroj zavlhčení. Mezi hlavní zdroje vlhkosti vedoucí k degradaci a estetickému poškození materiálů v konstrukci patří:

- srážková voda (hnaná větrem, odstříkující voda, voda prostupující průduchy komínu);
- vztlínající voda;
- kondenzující voda na vnitřním povrchu konstrukce;
- voda působící hydrostatickým tlakem;
- hygroskopicitu stavebního materiálu;
- zabudovaná technologická vlhkost;
- další zdroje zvyšující vlhkost.

4.2.1 Vliv vlhkosti na ostatní typy degradací

Zvýšená vlhkost podporuje a má významný vliv na veškeré typy degradací s různými degradačními účinky [6]:

- mechanické účinky zahrnují:
 - o změny lineární, tvarové, objemové;
 - o mechanické stavy napjatosti;
 - o mechanické poruchy (rozvrstvování, trhliny, drcení, deformace);
- fyzikální účinky zahrnují:
 - o změny mechanických vlastností;
 - o změny fyzikálních vlastností (objem, hmotnost, vodivost...);
 - o krystalizace a tlak solí v pórech uvnitř struktury stavebních hmot;
- chemické účinky zahrnují:
 - o degradační a korozivní chemické, popř. elektrochemické reakce;
 - o změny mineralogického složení;
 - o změny pórového systému;
- biologické účinky zahrnují:
 - o biologickou korozi – vyšší rostliny (biofyzikální reakce – kořenový tlak);
 - o bakterie (biochemická reakce metabolitů mikrobů);
 - o nižší rostliny (řasy, lišejníky, houby, plísně - biofyzikální a biochemické procesy).

4.2.2 Metody zkoušení vlhkosti

Jelikož je problematika vlhkosti závažný problém, máme spoustu metod, kterými vlhkost můžeme stanovit. Metody můžeme rozdělit dle charakteru provedení zkoušky na:

- destruktivní – pro stanovení vlhkosti je potřeba odebrat vzorek materiálu;
- nedestruktivní – vlhkost se stanovuje IN SITU nejčastěji pomocí příložného vlhkoměru, nebo přímým zabudováním sond do konstrukce.

Dále je tyto zkoušky možné dělit na:

- přímé – měří se množství vody v materiálu, které je odděleno od pevné fáze;
- nepřímé – monitoruje konkrétní fyzikální veličinu, jež závisí na měnící se vlhkosti materiálů (elektrický odpor, tepelná vodivost, elektrická kapacita atd.), obvykle

nedestruktivní měření je ovlivněno celou řadou faktorů, což může zkreslovat prováděné měření.

Gravimetrická metoda:

Jedná se o destruktivní metodu, kdy je potřeba odebrat z konstrukce vzorek a následně provést laboratorní měření. Díky tomu je tato metoda velmi přesná. Metoda spočívá v oddělení vody od pevné fáze v sušárně při teplotě $\pm 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ a provedení postupného měření. Výstupem je hmotnostní vlhkost, která je vyjádřena podílem hmotnosti vypařené vody a hmotnosti pevné fáze. Výhoda této metody je, že je univerzální a může se použít na téměř všech stavebních materiálech. Hmotnostní vlhkost se pak vypočte podle normy ČSN EN ISO 12570, dle vzorce (1)[8]:

$$w = \frac{m_v - m_s}{m_s} \times 100 \text{ [%]} \quad (1)$$

, kde:

whmotnostní vlhkost [%]

m_v hmotnost zkušební vzorku před vysušením [g];

m_shmotnost zkušební vzorku po vysušení [g].

Karbidová metoda:

Jedná se o metodu založenou na principu chemické reakce vody s karbidem vápníku, vyjádřenou vztahem $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{C}_2\text{H}_2$. Při styku karbidu vápníku s vodou dojde k okamžité reakci za vzniku acetyleny, a tím zvýšení tlaku ve zkušební nádobě. Metoda je rychlá a využívá se IN SITU. Odebraný vzorek se zváží a dá do ocelové tlakové nádoby. Do nádoby se ke vzorku přidá ampulka karbidu vápenatého a ocelová kulička, která zajistí rozbití ampulky a promísení karbidu vápenatého s vzorkem. Nádoba se uzavře a několik minut se s ní třese. Karbid vápenatý okamžitě začne reagovat s vodou obsaženou ve vzorku. Poté se počká na ustálení hodnoty tlaku na manometru a vlhkost se pak stanoví z tabulky pomocí hmotnosti vzorku a odečteného tlaku. [9]

Elektrické metody:

Jedná se o nepřímé metody, které slouží k určování vlhkosti materiálů na základě změn hodnot elektrických veličin. Kromě vlhkosti reagují i na jiné fyzikální a chemické vlastnosti, proto se každé elektrické zařízení musí kalibrovat na předem určený stavební materiál. Elektrické metody slouží hlavně pro rychlé získání orientačních hodnot vlhkosti nedestruktivní

metodou. Elektrické vlhkoměry měří do hloubky maximálně 30-50mm. Mezi elektrické metody se řadí odporová metoda, která stanovuje vlhkost měřením odporu vlhkého materiálu mezi dvěma sondami. Dále zde patří kapacitní metoda s příložnou sondou, která měří vlhkost pomocí kapacity kondenzátoru, která se mění v závislosti na vlhkosti vzorku. Výhodou této metody oproti metodě odporové je, že na výslednou vlhkost má teplota a obsah rozpuštěných solí v materiálu menší vliv.

4.3 Degradace

Degradace je proces, který způsobuje změnu důležitých parametrů stavebních hmot a konstrukcí, mezi něž řadíme především: [6]

- vlastnosti tepelně mechanické;
- vlastnosti fyzikální, mineralogické;
- vlastnosti vlhkostně technické;
- vlastnosti dilatometrické;
- vlastnosti mechanické;
- vlastnosti plynoucí z technologie výroby a vlastností výchozích hmot;
- vlastnosti reologické a plastické.

Mezi hlavní degradační procesy patří fyzikální degradace, chemická degradace a biologická degradace. Těmto degradačním činitelům se tato práce věnuje v následujících podkapitolách.

4.3.1 Fyzikální degradační procesy

K fyzikální degradaci patří děje, při nichž je materiál vystaven různým silám a tlakům, které poškozují jeho strukturu. Vznik těchto sil je nejčastěji spojen se změnami teplot, působením vody, mechanickými vibracemi, oděrem povrchu a podobně. Nejhorší pro stavební konstrukce jsou kolísavé teploty kolem 0 °C, kdy voda obsažená v pórové struktuře mění skupenství z kapalného na pevné, čímž dochází ke zvětšování objemu vody. V konstrukci tak vzniká tahové napětí, které vede k rozrušování struktury konstrukce. S postupem času může při tomto typu degradace ve spojení se zvýšenou vlhkostí dojít k celkovému narušení a destrukci stavební konstrukce. Taktéž při velmi vysokých teplotách (požárech) dochází ve většině případů k poklesu pevnosti v tlaku, a i modulu pružnosti. Problematické je při nárůstu teploty i odpařování vody volné, či vázané, což může ovlivňovat chemické složení (např. u betonu dochází k částečnému rozkladu cementového kamene), které má vliv na mechanické vlastnosti materiálu.

Vlhkost a voda má na konstrukce řadu negativních vlivů, například v oblasti estetické, tepelně technické, hygienické, ale také ve velmi významné oblasti statické. Vlhkost v pórovitých stavebních materiálech s relativně vysokou nasákavostí významně snižuje pevnosti v tlaku. Vlhkost jako taková podporuje i ostatní degradační činitele, v kombinaci s mrazovým namáháním případně i s obsahem vodorozpustných solí vede mnohdy k dlouhodobým degradačním procesům, které v konečném důsledku vedou k rozpadu materiálu. Mezi fyzikální degradační procesy řadíme i abrazi, kterou způsobuje samotný pohyb kapaliny po materiálu, nebo obrušování tuhými částicemi v proudící vodě nebo vzduchu. U řady stavebních materiálů dochází při změně teploty a vlhkosti také k objemovým změnám. Pokud je těmto přetvořením bráněno, vznikají v konstrukci napětí, která můžou po překročení pevnosti materiálů způsobit v konstrukci trhliny.

K fyzikálně degradačním procesům patří také krystalizace solí v pórech, popř. hydratační tlaky, což má za následek vznik tlaku uvnitř stavebních hmot, které postupně tuto strukturu narušují (Tab. 2). Růst krystalů je omezen malými prostory pórů a krystaly vyvíjejí značně expanzivní tlaky, které se zvýšenou teplotou rostou. Odpařováním vody dochází k dehydrataci krystalů a k jejich rozpadu. Při opětovném zvýšení vlhkosti hydroskopické soli vodu opět absorbují a rekrystalizují. Tímto opakovaným procesem spolu s vymýváním pojivových složek dochází k postupné dezintegraci a rozpadu struktury. Jak je z popisu degradačních pochodů patrné, je možné tyto děje okrajově zahrnout i mezi chemické degradační činitele.

Tab. 2 - Hydratační tlaky vznikající při rekrystalizaci některých solí [6]

Výchozí látka	Vznikající látka	Vyvozený tlak (MPa)
CaSO₄	CaSO ₄ · 2H ₂ O	110
Na₂SO₄	Na ₂ SO ₄ · 2H ₂ O	25
Na₂CO₃	Na ₂ CO ₃ · 10H ₂ O	30

Nebezpečnost jednotlivých solí určuje do značné míry i rozpustnost a také hodnota relativní vlhkosti při které můžou roztoky jednotlivých solí krystalizovat. Lze říct, že soli, nad jejichž nasycenými roztoky se udržuje relativní vlhkost vyšší než cca 75%, krystalizují často, soli, nad jejichž nasycenými roztoky se udržuje relativní vlhkost cca 50 – 75% krystalizují zřídka a soli, nad jejichž nasycenými roztoky se udržuje relativní vlhkost nižší než 50% krystalizují jen výjimečně. [6]

Soli první i druhé skupiny mohou za určitých podmínek, jako je nízká vlhkost vzduchu a zvýšená teplota, ztrácet svou krystalovou vodu a za vhodných podmínek ji opět přibírat. To znamená, že mohou rekrystalizovat. K porušení stavebního materiálů dochází zejména v případech, kdy soli krystalizují v přípovrchových vrstvách. Jestliže dochází ke krystalizaci na povrchu stavebního materiálu vznikají výkvěty, které způsobují pouze povrchové znehodnocení. U špatně rozpustných solí při krystalizaci na povrchu hrozí nebezpečí vzniku nepropustné krusty, která se později může odtrhnout i s částí podkladu.

Soli třetí skupiny, které krystalizují pouze za zcela extrémních podmínek, stavební materiály poškozují nepřímo. Snadno přijímají vlhkost z ovzduší a způsobují tak zavlhčení stavebního materiálu a následně škody jinými korozními mechanizmy. Vzhledem k tomu že soli pocházejí z různých zdrojů (z vlastního stavebního materiálu, z podzákladí, z poškozených odpadních potrubí, z ošetřování vozovek, z ovzduší ...), je běžné, že se v exponovaném stavebním materiálu vyskytuje několik druhů solí.

Zvláště škodlivý pro zdivo je ledek vápenatý $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, tzv. zdivokaz. Často se s ním lze setkat u cihelných stěn stájí a jeho původ je často spojen s nitrifikačními bakteriemi, které přeměňují dusík organických látek v kyselinu dusičnou, která s vápnem obsaženým v maltě nebo cihlách vytváří rozpustný ledek vápenatý. Ten se při trvalém působení neustále rozpouští a krystalizuje, a tím postupně rozrušuje zdivo, které se odlupuje ve vrstvách. Zdivokaz se projevuje typickými povrchovými výkvěty, které v závislosti na chemickém složení tvoří špinavě bílý až šedý povlak ve formě jehliček. [6]

4.3.2 Chemické degradační procesy

Chemická koroze stavebních materiálů je děj, při němž v důsledku působení agresivního prostředí dochází k redukci fyzikálně mechanických vlastností materiálů. Podstatou těchto dějů jsou chemické reakce mezi tuhou, kapalnou případně plynnou fází. Kromě vlastní chemické reakce dochází na fázovém rozhraní k tzv. přenosovým jevům, v jejichž důsledku jsou přiváděny reagující látky a současně jsou odváděny reakční produkty, což vytváří vhodné podmínky pro průběh jednotlivých reakcí.

Chemické degradační procesy jsou charakteristické zvláště změnou pórového systému v důsledku chemických reakcí rozpuštěných solí se složkami stavební hmoty, především pojiva. Chemické degradační procesy jsou zapříčiněny zejména reakcí chemicky méně stabilní složky stavebních hmot, jako například uhličitanu vápenatého CaCO_3 s roztoky slabých

kyselin. Nedílnou součástí chemických degradačních procesů je vlhkost, která je ve většině případů nosičem stálých roztoků kyselin, volně disociovaných plynů, vytváří podmínky pro růst a produkci metabolitů mikroorganismů a podobně.

Významnou složkou vápenných a vápenocementových malt, sedimentárních hornin, betonu a některých cihelných výrobků je uhličitán vápenatý CaCO_3 popřípadě hydroxid vápenatý Ca(OH)_2 a oxid vápenatý CaO . Tyto sloučeniny jsou nejméně stabilní, ale jsou významnou pojivovou složkou uvedených stavebních materiálů. Jejich reakcí s roztoky slabých kyselin vznikají rozpustné soli, které jsou vyplavovány na povrch, kde dochází k jejich krystalizaci neboli vznikají výkvěty. Vymýváním pojivových složek ze stavebních hmot dochází k poklesu jejich mechanických vlastností a zvyšování jejich pórovitosti, což vede ke snížení mrazuvzdornosti, postupnému zvětrávání, provázenému povrchovou a vnitřní korozí. [6]

U betonu dochází například k procesu karbonatace, kde se vzdušným prostředím do betonu se vzduchem dostává CO_2 , který reaguje s Ca(OH)_2 - portlanditem - obsaženým v betonu. Ca(OH)_2 se rozkládá na CaCO_3 a vodu. Pro průběh této reakce je nutná přítomnost vody. Jak postupuje CO_2 do betonu, ubývá Ca(OH)_2 a tím se snižuje pH krycí vrstvy. Když pH betonu klesne pod hodnotu 9, dojde k depasivaci výztuže. Od toho okamžiku není ocelová výztuž chráněna před korozí a vznikem korozních produktů v konstrukci narůstají tahové síly, dokud nedojde k porušení krycí vrstvy. Porušení pasivační vrstvy výztuže často způsobují také chloridy (např. rozmrazovací soli). U betonových konstrukcí dále rozeznáváme 3 typy chemických koroze. V prvním případě se jedná o korozi betonu vyluhováním pojiva, kdy voda prosakující do betonu vyplavuje vodorozpustné složky pojiva (Ca(OH)_2). Druhý typ koroze betonu je způsobená kyselinami. Kyseliny reagují se složkami pojiva, přičemž dochází k rozpouštění pojiva a následnému vyplavení. Mezi nejběžnější kyseliny vyskytující se při tomto typu koroze patří HCl , HF , H_2SO_4 , HNO_3 atd. Třetím typem koroze betonu je tzv. síranová koroze. V tomto případě pojivo reaguje se síranovými ionty (SO_4^{2-}) a následně vzniká ettringit, který nabývá na objemu. V důsledku expanze dochází v betonu k tvorbě trhlin, ztrátě soudržnosti a rozpadu betonu. Mezi další nebezpečné typy chemických degradačních procesů u betonu patří také alkalicko-křemičitá reakce, kdy dochází k reakci SiO_2 v kamenivu s ionty Na^+ , K^+ a Ca^{2+} . V tomto případě vznikají na povrchu kameniva alkalicko-silikátové gely, které při své hydrataci zvětšují objem a tím narušují beton.[6]

4.3.3 Biologické degradační procesy

Biologická degradace neboli biodegradace, biokoroze, je vyvolána či podmíněna působením živých organismů. Ve své podstatě se jejich působení projevuje jako fyzikální degradace vrůstáním kořenů nebo houbových vláken do konstrukce, nebo chemická koroze rozpouštěním organickými kyselinami a podobně. To má za následek výskyt tlakových sil v materiálu, nebo chemickou přeměnou některé ze složek. Mezi další biologické agresivní činitele patří také řasy, mechy a lišejníky, které svými metabolity, podporou transportu vlhkosti do staviva a chelatizačními účinky způsobují narušení povrchových vrstev zdiva, kusového staviva a dalších stavebních materiálů. Častá je také asociace řas a bakterií, nebo řas a plísní, kdy ve všech případech řasy udržují v okolí vhodnou vlhkost, čímž vytváří vhodné klima pro růst bakterií. V důsledku asociačních procesů za podpory mikrobů se může vytvořit krusta, či patina, která zabraňuje dýchání konstrukce, ucpává póry omítek a přispívá k jejich rozpadu. [10]

5. Stavebně technický průzkum dle ČSN ISO 13822

Stavebně technický průzkum (dále jen STP) slouží pro identifikaci příčin vad a poruch stavebních objektů nebo při požadavku na zjištění kvality materiálů stávajícího objektu, dále se provádí před rekonstrukcí, sanací, nebo změně užívání objektu. Vlastní provedení STP může být provedeno v různém rozsahu, s využitím odlišných zkušebních metod a rozdílnou mírou podrobnosti.

Některé vady lze hodnotit poměrně jednoduchými zkušebními metodami. K identifikaci závažnějších nedostatků je nutné použít náročnější zkušební metody. Výstup z diagnostické prohlídky je především ovlivněn zkušenostmi a znalostmi zpracovatele posudku a v neposlední řadě i jeho objektivitou. Součástí STP pak může být doporučení okamžitých opatření, sanačních zásahů, nebo vyloučení provozu v dané části objektu, zejména pak v kritických místech, kde může dojít k ohrožení zdraví nebo života osob. Přesné postupy pro provádění STP uvádí norma ČSN ISO 13 822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí.

Rozsah diagnostik závisí na mnoha faktorech a může být determinován [5]:

- velikostí objektů;
- možností provedení sond v nedostupných místech konstrukce;
- možnosti užití zkušebních metod;
- přístupem ke konstrukci;
- požadavkem investora a cenou průzkumných prací;
- zkušenostmi a znalostmi zpracovatele posudku.

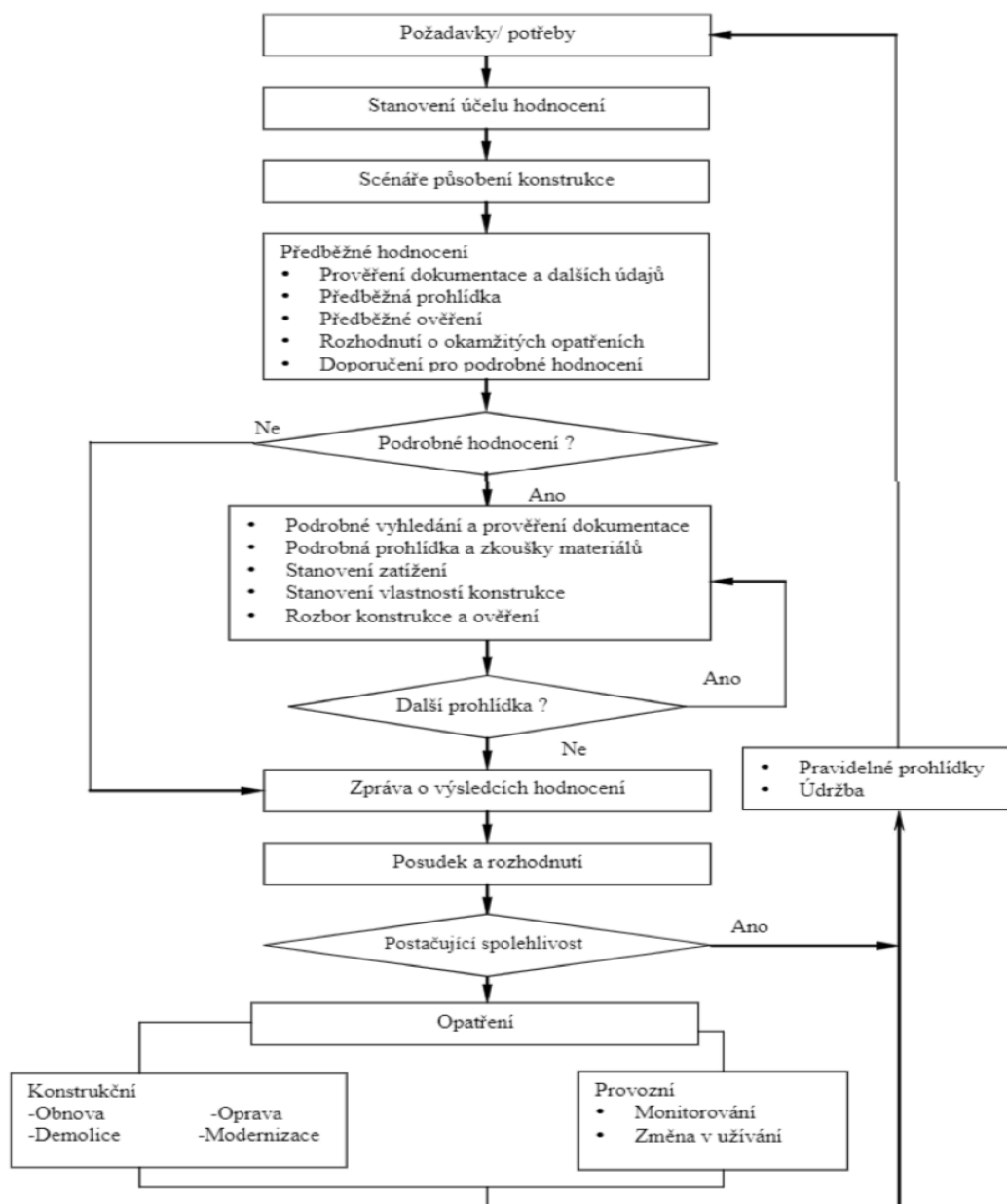
Výstupem STP je závěrečná zpráva, která by měla obsahovat [5]:

- informace o objednateli a zpracovateli, rozsah zadání STP, číslo objednávky, základní informace o objektu;
- značení jednotlivých částí objektů, způsob odběru vzorků, nebo popis použitých diagnostických metod;
- výsledek geologického průzkumu;
- popis stavu a případných vlhkostních změn v objektu, případně stavu hydroizolace,
- stav základových konstrukcí;
- hodnocení stavu vodorovných konstrukcí (druh, pevnost materiálů, skladba podlahy – pro výpočet únosnosti);
- hodnocení svislých konstrukcí (druh, pevnost materiálu);
- hodnocení stavu střešní konstrukce a krytiny;
- závěrečné hodnocení s doporučením pro případné doplnění průzkumu, nebo doporučení pro sanaci objektu.

Norma ČSN ISO 13822 uvádí vývojový diagram, který schematicky vyjadřuje obecný postup při hodnocení existujících konstrukcí (Obr. 8).

Stavebně technické průzkumy dělíme do tří stupňů na:

- předběžný STP;
- podrobný STP;
- doplňující STP.



Obr. 8 - Vývojový diagram postupu hodnocení existujících konstrukcí [11]

5.1 Předběžný stavebně technický průzkum

Předběžný STP je založen hlavně na shromažďování informací o stavebním objektu a to bez omezení provozu. Mezi hlavní náplň tohoto STP patří [5]:

- získání podkladů (projektová dokumentace, fotodokumentace z období výstavby, stavební deník, záznamy z provedených rekonstrukcí, verbální komunikace);
- záznam vývoje provozního užívání objektu, vč. jeho změn;
- napojení výstavby na okolní objekty, vč. inženýrských sítí;

- vizuální prohlídka (popis vad a poruch konstrukčních prvků, ověření stávajícího stavu objektu s projektovou dokumentací);
- rozhodnutí o okamžitých opatřeních.

Výsledky předběžného STP lze využít jako podklad pro hodnocení na základě dřívější uspokojivé způsobilosti, pro specifikaci a návrh rozsahu podrobného STP nebo jako prvotní podklad pro zpracování studií modernizace objektu.

5.2 Podrobný stavebně technický průzkum

Podrobný STP se zaměřuje primárně na [5]:

- aktualizací stávajícího stavu (odchylky od předběžného stavebního průzkumu);
- fotodokumentací stávajícího stavu (záznam vad s přiloženým měřítkem);
- specifikací zjištěných vad a poruch konstrukcí;
- destruktivní a nedestruktivní stanovení fyzikálních a mechanických vlastností materiálů;
- ověření geologického profilu, především hydrogeologických poměrů;
- získání podkladů pro zpracování statických výpočtů.

Podrobný STP se provádí za plného nebo částečně omezeného provozu, díky čemuž může být realizována řada zkušebních postupů. V rámci tohoto průzkumu může být vznesen požadavek na aplikaci speciálních diagnostických metod, např. realizaci chemických rozborů.

5.3 Doplnující stavebně technický průzkum

Doplnující STP se provádí v případě, že se vyskytly nové skutečnosti, často objevené během rekonstrukce, nebo při vytváření výpočetního modelu konstrukce, které je potřeba ověřit, často objevené během rekonstrukce, nebo pokud je zapotřebí provést náročnější diagnostické metody. Tento průzkum je tedy možné provádět při samotné rekonstrukci, nebo i při částečném provozu.

II. Praktická část

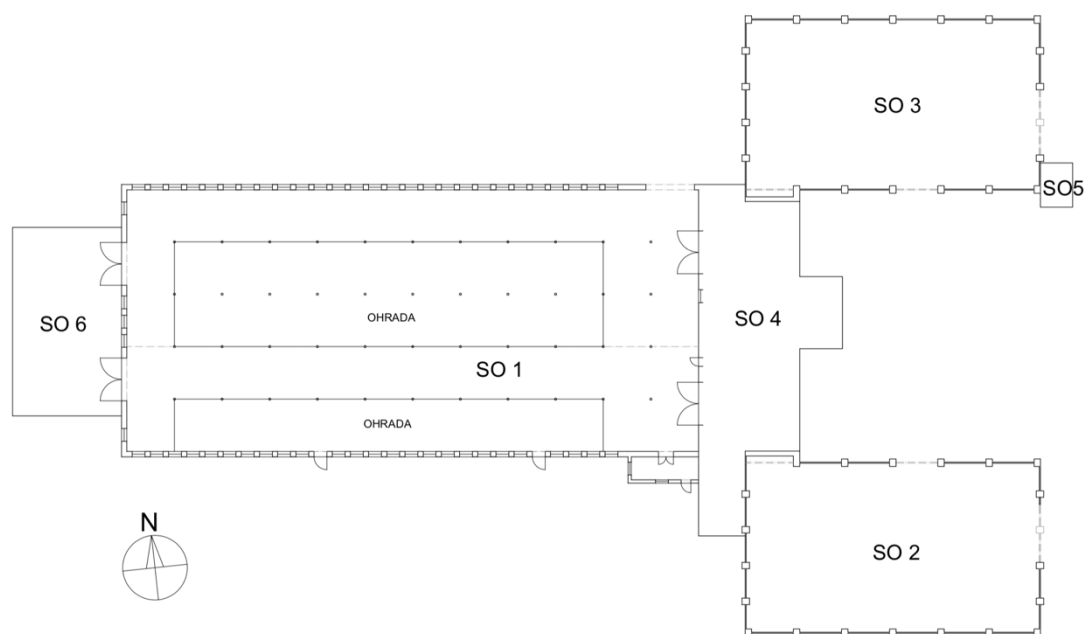
6. Popis zemědělského objektu v Šunychlu

Zkoumaný zemědělský objekt (Obr. 9) byl postaven v 70. letech 20. století. Tato stavba se od počátku do současnosti využívá pro chov krav pro masnou výrobu.



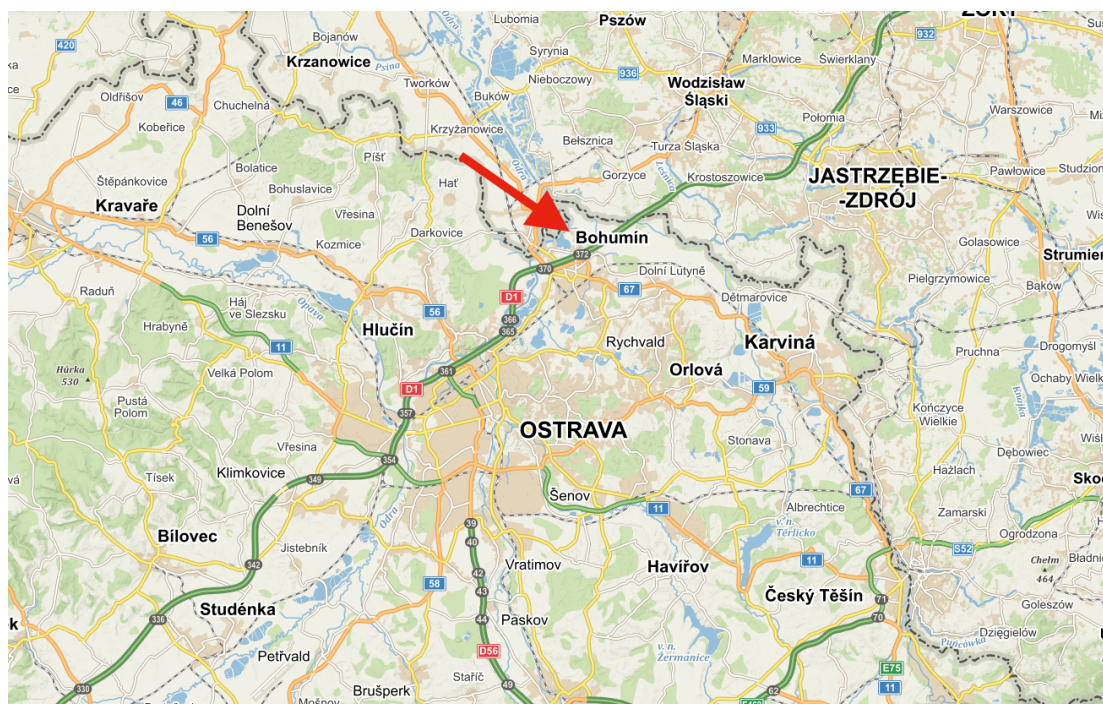
Obr. 9 - Průčelí zkoumané stavby

Stavba je složená z šesti objektů (Obr. 10). První objekt (SO1) je z cihelného zdiva a konstrukci střechy podpírají ocelové sloupy, v tomto objektu se nachází samotný chov krav. Tento objekt je ze všech nejrozsáhlejší, jeho rozměry jsou cca 30x70m. K této části je na západní fasádu napojen vyzděný přístřešek podpíraný ocelovými sloupy a pokryt cementoazbestovou krytinou (SO6). Z východní strany je připojená zděná administrativní část (SO4), v ní se nachází kancelářské prostory, sociální zařízení a dílna. Zbylé dva objekty (SO2 a SO3) jsou napojeny na rohy východní fasády. Objekty jsou konstruovány jako železobetonový skelet s výplňovým zdivem z cihel plných pálených. Tyto objekty slouží jako seníky, a také jsou zde zaparkované zemědělské stroje. Přibližné rozměry těchto objektu jsou 28x16m. K objektu SO3 je napojen malý sklad (SO5).



Obr. 10 - Schéma stavebních objektů

Řešený zemědělský objekt se nachází ve vesnici Šunychl, ležící v katastrálním území Nový Bohumín. Šunychl je umístěn severo-východně od města Ostravy, mezi městem Bohumín a vesnicí Kopytov (Obr. 11). Šunychl je malá vesnice s 551 obyvateli a 203 domy (data platná pro rok 2010 [18]). V minulosti se na území Šunychlu nacházelo spousta dubů, odtud název vesnice. Původní název „Schönichel“ je německého původu a znamenal „krásné doušky“. Osada vznikla kvůli těžbě těchto dubů.



Obr. 11 - Umístění stavby [19]

V této vesnici se nachází dva zemědělské objekty z toho jeden z nich je řešen v této práci. V okolí vesnice je řada pozemků využita jako pole pro pěstování plodin a pastviny pro zemědělská zvířata. Nachází se také v nedalekém okolí Kalischovo jezero, kde se od roku 1936 začalo s těžbou šterku.

Kromě zemědělského objektu řešeného touto prací se v areálu nachází čtyři další stavby (konírna, dílna, rodinný dům, sklad). Okolo objektu ze severní, západní a jižní strany se nachází pole a pastviny pro zemědělská zvířata. Z východní strany je příjezdová cesta do areálu a rodinné domy.

7. Předběžný stavebně – technický průzkum

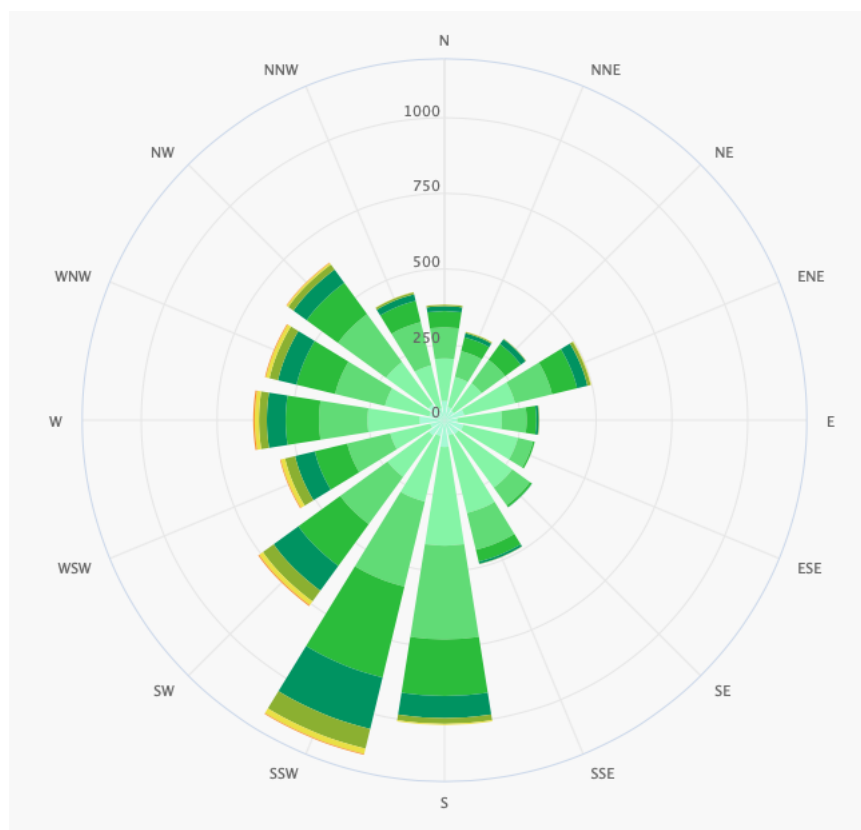
V rámci stavebně technického průzkumu byly popsány jednotlivé stavební objekty a nalezené vady a poruchy, které jsou blíže popsány v následujících kapitolách. Blíže řešeny pak byly objekty, do kterých majitel umožnil přístup. Členění stavby do stavebních objektů je znázorněno na výkresu č.1. Lokalizace vad a poruch je znázorněna na výkresu č.2.

7.1 Stavební objekt 1

Obvodová stěna je zhotovená z cihel plných pálených a pravděpodobně malty vápenocementové za použití polokřížové vazby. Vazba není provedena příliš pečlivě. Vyskytují se zde místa, se styčnými spárami nad sebou, nedostatečným překrytím cihel a různou tloušťkou zdící malty v ložných spárách. Ve svislých konstrukcích se nachází velký počet okenních otvorů, nad kterými je překlad zhotoven buďto monoliticky, nebo z keramických hurdisek. Severní fasáda (Obr. 12) je výrazně poškozená, jelikož se jedná o návětrnou stranu, která je dominantně degradována povětrnostními vlivy. Tento fakt potvrzuje i převládající směr proudění větru (Obr. 13).



Obr. 12 - Severní stěna SO1



Obr. 13 - Větrná ružice [20]

Na této fasádě je celoplošně odpadlá omítka, zůstaly pouze části chráněny okapem. Lze identifikovat několik míst, kde je viditelné narušení cihelného staviva pravděpodobně způsobeného vlivem zmrazovacích a rozmrazovacích cyklů.



Obr. 14 - Zastřešení SO1

Zastřešení je zhotoveno pomocí ocelových válcovaných vazníků uložených na ocelových sloupech a pozedním věnci (Obr. 14). Na vaznicích jsou uloženy dřevěné vaznice zhotoveny z prken. Vaznice jsou uloženy v rozestupu po jednom metru a na nich je upevněná cementoazbestová střešní krytina. Z interiérové strany jsou na vaznice připevněná prkna, která nesou cementotřískové desky. Prostor mezi vaznicemi je vyplněn tepelnou izolací ze skelných vláken.



Obr. 15 - Vybouraný otvor SO1



Obr. 16 - Interiérové omítky SO1

Na severní fasádě byl vybourán otvor, přičemž došlo k přerušení železobetonového věnce (Obr. 15). Tento otvor zasahoval do okna, jehož výplň byla odstraněna a následně došlo k zazdění. V tomto zazděném okenním otvoru jsou propojené styčné spáry a nedošlo ani k navázání na stávající vazbu obvodové stěny. Nad vybouraným otvorem zůstala pouze pozednice, ke které jsou uchycena posuvná vrata. Před dvěma lety bylo toto místo opravováno, jelikož pozednice nedokázala přenést tíhu cementoazbestové krytiny a došlo k velkému průhybu, a tak z toho důvodů byla za podepření krytina sejmuta a nahrazená lehkou krytinou z trapézových plechů, taktéž došlo i k odlehčení sejmutím cementotřískových desek a tepelné izolace. V interiéru je omítka ve velmi špatném stavu, drolí se, je zanesena nečistotami, pravděpodobně bude degradována plísněmi, či jinými biologickými činiteli, z důvodu zvýšené vlhkosti a chovu krav (Obr. 16). Omítka je v 60% opadlá, nebo nesoudržná. U vjezdu do objektu je zdivo mechanicky poškozeno (odštípnuté kusy cihel) pojezdem zemědělské techniky. Na ocelových sloupech je plošná koroze s úbytkem cca 1 mm.

7.2 Stavební objekt 2

Tento objekt je sestaven jako kombinace železobetonového skeletu a zděné výplňové stěny. Konstrukci tvoří železobetonové sloupy, které jsou v pěti úrovních propojeny železobetonovými monolitickými, ale i prefabrikovanými věnci. Železobetonové sloupy jsou po obvodu obezděny cihlami plnými pálenými. Prostor mezi železobetonovými věnci je vyplněn běhounovým zdivem z cihel plných pálených. Malta zde působí pevněji než

na objektu SO1, a proto usuzuji, že byla pravděpodobně použita cementová malta. Na jižní fasádě (Obr. 17) došlo pravděpodobně k mechanické poruše výplňového zdiva. Ve dvou polích v úrovni od terénu po první ztužující věnec je výplňové zdivo z cihel plných pálených doplněno o nevhodně orientované keramické tvárnice (Obr. 18), jejichž dutiny jsou orientovány vodorovně z interiéru do exteriéru. Vzhledem k využití objektu jako sýpky to pomáhá odvětrání, ale s ohledem na trvanlivosti prvku je toto řešení nevhodné. Díky z venku přístupných dutin zde dochází k pronikání vlhkosti dále do konstrukce a po několika zmrazovacích a rozmrazovacích cyklech lze předpokládat rozpad tvarovek. Obdobným způsobem je na této straně zazděn boční vjezd do objektu. Cihly na severním vjezdu do objektu jsou mechanicky poškozeny používáním objektu.



Obr. 17 - Jižní fasáda SO2



Obr. 18 - Nevhodně orientované stavivo SO2

Ve stěně orientované na východ (Obr. 19), byl vybourán otvor, kde jako překlad slouží ztužující železobetonový věnec. Sloup a železobetonové věnce v odbourané části zůstaly s odhalenou výztuží, u které je pozorována plošná koroze. Na spodní straně železobetonového věnce/překlady je v celé délce odpadlá krycí vrstva betonu a ocelová výztuž je v celé délce otvoru zkorodována. Vzhledem k výšce se nepodařilo ověřit spolupůsobení výztuže a betonu. Vzhledem ke změně statického schématu, korozi tažené výztuže a pravděpodobně také nedostatečné spolupůsobení výztuže s betonem je nutné provést okamžité opatření a toto místo sanovat například podložením ocelovými válcovanými profily.



Obr. 19 - Východní fasáda SO2



Obr. 20 – Poškozený střešní svod (SO2)

Omítka na tomto objektu je značně degradována, opadá z téměř všech sloupů a u výplňového zdiva je nejvíce poškozená ze západní strany. Omítka je velmi nesoudržná a kvůli odhalení kusového staviva v některých místech dochází k rozpadu povrchových vrstev cihel. Jeden ze střešních svodů je poškozen a lokálně dotuje zdivo vodou (Obr. 20). V tomto místě začíná biologická degradace, pravděpodobně mechy a pokud nedojde k brzké opravě, bude zvýšena rychlost degradace zdiva. Na prefabrikovaných částech ztužujícího věnce, které jsou ve tvaru I nosníku, došlo k odpadnutí krycí vrstvy betonu vlivem tahových sil způsobených vznikem korozních produktu třmínku.

Zastřešení zajišťují ocelové příhradové nosníky a dřevěné vaznice, na kterých je uložena cementoazbestová střešní krytina. V některých místech byla krytina vyměněna za polykarbonátové vlnovkové tabule pro zajištění prosvětlení. Nově jsou zde provedeny žlaby a zavětrování střechy s využitím pozinkovaných plechů (Obr. 21).



Obr. 21- Zastřešení SO2

7.3 Stavební objekt 3

Objekt SO3 je totožné konstrukce jako SO2. Na východní fasádě byl taktéž vytvořen otvor, který má obdobné vady a poruchy, a tudíž je třeba také provést okamžité opatření. Cihly na sloupech u tohoto vybouraného otvoru jsou mechanicky poškozeny používáním objektu. Na tomto objektu byla cementoazbestová krytina vyměněná za trapézové pozinkované plechy. Na severní fasádě jsou ve dvou spodních polích otvory vyplněny různým typem tvarovek a cihel (Obr. 22). Cihly a tvarovky jsou chaoticky naskládány na sebe a jsou pojeny maltou. Na této fasádě se nachází i zazděný otvor, u nějž byly pro zazdění použity pórobetonové tvárnice. Tvárnice jsou ve výšce cca 40 cm značně poškozeny vlivem odstříkující vody a zmrazovacích a rozmrazovacích cyklů. Cihly na severní a západní fasádě jsou velmi poškozené povětrnostními vlivy. Na západní fasádě jsou cihly v kritickém stavu (Obr. 23). V těchto místech je pár cihel naprosto zvětřalých a zůstaly po nich pouze otvory ve zdivu. Vzhledem k tomu, že malta v těchto místech je zachována, lze předpokládat, že malta má v tomto zdivu vyšší pevnosti a mnohem lépe odolává povětrnostním vlivům.



Obr. 22 - Severní fasáda SO3



Obr. 23 - Zvětřalé cihly SO3

Vjezd do objektu (Obr. 24) z jižní strany je přehrazen opřeny sendvičovými panely. Jedná se o panely ze zbytku jiné stavby, které jsou různých šířek a délek. Omítky na tomto objektu jsou z velké části odpadlé a nesoudržné, přičemž k degradaci dochází převážně na sloupech a na severní a západní stěně.

Prefabrikované železobetonové věnce jsou v obdobném stavu jako u objektu SO2. Monolitické železobetonové věnce na tomto objektu jsou více poškozené odpadnutím krycí

vrstvy v místech třmínku i výztuže (Obr. 25). Na výztuži se nachází velké množství korozních produktů. Vlivem špatného zhutnění lze v několika místech nalézt šterková hnízda.



Obr. 24 – Umístění panelů ve vjezdu SO3



Obr. 25 - Degradace ŽB věnce SO3

7.4 Zbylé stavební objekty

7.4.1 SO4

Tento stavební objekt je zděný a napojený na SO1 ze západní strany. Venkovní omítky na západní stěně jsou opadlé v 90% plochy (Obr. 26). Nachází se zde i zazděný okenní otvor. Vzhledem k nepřístupnosti nelze zhodnotit stav cihel na této části objektu. Omítky na východní stěně jsou v podstatně lepším stavu, a i přes ztrátu soudržnosti z konstrukce neopadávají.



Obr. 26 - Západní fasáda SO4



Obr. 27 - Poškozené hurdisky SO4

V interiéru se nachází propojovací chodba spojující nádvoří s SO1. V těchto místech jsou značně zdegradované hurdiskové stropy, kde odpadly celé spodní části hurdisek (Obr. 27).

Zbylé části tohoto objektu jsou nepřístupné, jedná se o kancelářské prostory a klempířskou dílnu. Z toho důvodu se tato bakalářská práce tímto objektem nezabývá.

7.4.2 SO5

Objekt SO5, vystavěný z pórobetonových tvárnic je postaven na rohu východní fasády SO3. Na objektu je absence střešního žlabu a svodu. V omítce se nachází smršťovací trhliny. V cca 10% plochy je omítka odpadlá od podkladu a výrazně ztrácí soudržnost (Obr. 28). Vzhledem k poměrně dobrému technickému stavu, malým dimenzím a nepovolení vstupu se tímto objektem tato práce dále nezabývá.



Obr. 28 – Objekt SO5

7.4.3 SO6

Technický stav tohoto objektu je nejhorší, dal by se označit za kritický, jelikož s největší pravděpodobností byl překročen stav únosnosti. Jedná se o přístřešek, který je vytvořen pomocí kombinace zděných stěn z cihel plných pálených a ocelových sloupů, které podpírají zastřešení. U štítové stěny byly také použity pórobetonové tvárnice. Do přístřešku jsou vjezdy ze všech tří stran a je napojený na západní fasádu objektu SO1. Přístřešek je v dezolátním stavu. Lze identifikovat posun betonové patky podpírající rohový ocelový sloup. Tato porucha je pravděpodobně způsobena kombinací přetížení konstrukce a nedostatečné hloubky uložení patky (Obr. 29). To zapříčinilo, že sloup je vychýlen, což způsobuje větší průhyb zastřešení. Vjezdy do přístřešku na jižní a západní stěně jsou velmi poškozeny, jsou zde uvolněny celé kusy cihel a rozsáhle trhliny (Obr. 30). Tato porucha je pravděpodobně způsobená mechanickým porušením/odstraněním cihel, které oslabily průřez, díky čemuž došlo k přetížení a vzniku trhlin. Vzhledem k havarijnímu stavu přístřešku se reálně předpokládá provedení demolice, a proto se tato bakalářská práce tímto objektem nezabývá.



Obr. 29 – Objekt SO5



Obr. 30 - Oslabená zděná stěna SO6

8 Podrobný stavebnětechnický průzkum

V rámci podrobného stavebně technického průzkumu bylo odebráno několik vzorků, na nichž byly blíže zkoumány materiálové charakteristiky, které jsou blíže popsány v následujících kapitolách této práce. Konkrétně šlo o stanovení vlhkosti zdiva, stanovené zasolení zdiva a stanovení pevnosti zdiva v tlaku.

8.1 Značení odběrných míst, vzorků a sond

Lokalizace odběru vzorků a provedených sond jsou schématicky zobrazeny ve výkresu č.3. Odběrná místa byla zvolena tak, aby byla postihnuta místa standartní i kritická.

Použité značení, kde první číslo označuje, na kterém objektu byl vzorek odebrán:

1V1 až 3V6	vzorek cihly odebraný pro stanovení vlhkosti;
1S1 až 3S3	vzorek cihly odebraný pro stanovení salinity zdiva;
1K1 až 3K4	zkušební místo zkoušeno Kučerovou vrtačkou;
1J1 až 3J3	odběr cihly pro stanovení pevnosti v tlaku;
SS1 a SS2	sekaná sonda v ŽB věnci;
(EX)	vzorek byl odebrán z exteriéru.

8.2 Stanovení vlhkosti zdiva

Stanovení vlhkosti bylo provedeno dle normy ČSN ISO 12570 [8]. Odběr vzorku proběhl dvakrát, první odběr byl proveden během slunečného dne při venkovní teplotě 10°C a druhý odběr byl proveden po čtyřech deštivých dnech. Během prvního odběru bylo celkem odebráno 18 vzorků pro stanovení vlhkosti zdiva. Vzorky byly odebrány z různých míst v různých výškách, převážně 30 a 80 cm od terénu (Obr. 31). U druhého odběru byla odebrána polovina vzorků ze stejných odběrných míst ve výškách 80 cm. Vzorky umístěné v 30 cm nebyly odebírány z důvodu možné dotace odstříkující vodou, a tím částečnému zkreslení zkoušky. Jednalo se kusy cihel, které byly odebrány ručním vysekáváním za použití kladívka. Z důvodu stálého využívání zkoumaného objektu byly odebírány poměrně malé vzorky z povrchu. Takto odebrané vzorky byly okamžitě uloženy do nepropustného uzavíratelného sáčku. V co nejkratším čase byly vzorky převezeny do laboratoře, kde byly vyjmuty ze sáčku, zváženy na digitální váze s přesností na 0,001 g a uloženy do sušárny při teplotě $105 \pm 5^\circ\text{C}$ do doby ustálené hmotnosti. Po vysušení se vzorky opět vážily a byla dopočtena hmotnostní vlhkost dle (1). Vážení vzorků musí probíhat poměrně rychle, aby nedošlo k natáhnutí vzdušné vlhkosti do vzorku, a tím zkreslení výsledků zkoušky.



Obr. 31- Odběr vzorků pro stanovení vlhkosti

Hmotnostní vlhkost se vypočítá dle vzorce (1) a procentuálně vyjadřuje množství vody, které bylo ve zkušebním vzorku. Výsledky se zaokrouhluje na 0,1%.

$$w = \frac{m_v - m_s}{m_s} \times 100 \text{ [%]} \quad (1)$$

, kde:

m_v hmotnost zkušebního vzorku před vysušením [g];

m_s hmotnost zkušebního vzorku po vysušení [g].

Výsledkem zkoušky je hodnota w , což je procentuálně vyjádřená hmotnostní vlhkost, která byla ve zkušebním vzorku. Výsledek se zaokrouhluje na 0,1 %.

Tab. 3 - Stanovení vlhkosti vzorků

Vzorek	Výška odběru (cm)	m_v [g]	m_s [g]	w [%]
1V1	30	39,088	38,055	2,7
1V2	80	34,462	33,254	3,6
1V3	30	18,094	17,617	2,7
1V4	80	47,897	47,071	1,8
Průměrná hodnota vlhkosti zdiva v interiéru SO1:				2,7
1V5 (EX)	50	27,030	26,793	0,9
1V6 (EX)	50	42,704	42,397	0,7
Průměrná hodnota vlhkosti zdiva v exteriéru SO1:				0,8
2V1	30	28,980	28,446	1,9
2V2	80	40,448	39,987	1,2
2V3	30	55,781	55,650	0,2
2V4	80	16,779	16,719	0,4
Průměrná hodnota vlhkosti zdiva v interiéru SO2:				0,9
2V5 (EX)	50	63,071	55,619	13,4
2V6 (EX)	60	21,106	21,025	0,4
Průměrná hodnota vlhkosti zdiva v exteriéru SO2 nebyla určena vzhledem k velkému rozptylu hodnot				-
3V1	30	23,260	22,823	1,9
3V2	70	35,725	35,470	0,7
3V3	30	43,012	42,793	0,5
3V4	80	20,326	20,230	0,5
Průměrná hodnota vlhkosti zdiva v interiéru SO3:				0,9
3V5 (EX)	50	27,837	27,744	0,3
3V6 (EX)	70	52,587	51,283	2,5
Průměrná hodnota vlhkosti zdiva v exteriéru SO3:				1,4

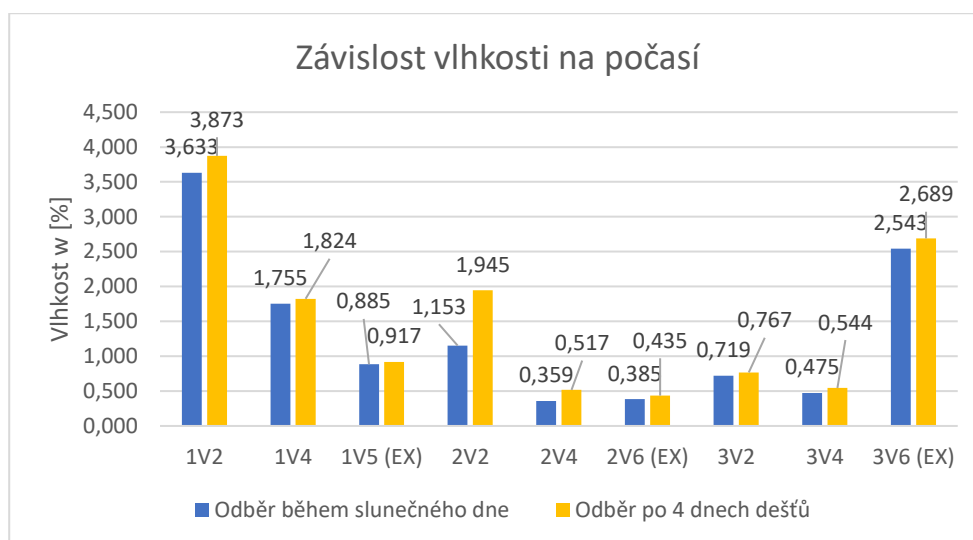
Z výsledků měření (Tab. 3, Příloha 1) lze konstatovat, že největší vlhkost byla zjištěna u vzorku 2V5(EX), který byl umístěn v exteriéru objektu SO2, a to v místě porušeného střešního svodu (Obr.), odkud byl dotován vodou. Tato velmi vysoká hodnota byla vyloučena ze stanovení průměrných hodnot vlhkosti, a proto také není možné přesně identifikovat průměrnou hodnotu vlhkosti pro exteriérové zdivo objektu SO2. Při porovnání vlhkostí jednotlivých objektů je nejvyšší vlhkost v interiéru objektu SO1. Tento fakt je zapříčiněn zejména využitím objektu pro ustájení dobytka. U všech objektů, s výjimkou SO3, lze pozorovat, že vlhkost v interiéru je vyšší než v exteriéru. Příčinou může být proudění vzduchu okolo venkovních fasád, díky němuž dochází k povrchovému vysušování zdiva. U objektu SO3 byl vzorek 3V6 odebrán ze značně degradovaného zdíciho prvku. Narušená struktura zdíciho prvku, může pravděpodobně za větší nasákavost, a tím pádem i vyšší hodnotu vlhkosti v těchto místech.

Na základě níže uvedeného grafu (Obr. 32) nelze vyloučit i dotaci vody do konstrukce vztlínáním, jelikož byla vysledována určitá závislost mezi vlhkostí a výškou odběrného místa. Vzhledem k rozsahu odběrů a jejich lokalizaci jsou tyto hodnoty orientační. Z toho důvodu by v dalších fázích bylo vhodné odebrat vzorky systematicky i ze středu zdiva, ovšem tento krok je možno realizovat až se souhlasem vlastníka konstrukce.



Obr. 32 - Vlhkost vzhledem k výšce odběrného místa

V níže uvedeném grafu (Obr. 33) jsou porovnány hodnoty vlhkosti v závislosti na klimatických podmínkách při odebrání jednotlivých vzorků. Lze pozorovat, že změna počasí v krátkodobém horizontu významně neovlivnila naměřené hodnoty. Průměrně se hodnota vlhkosti zvýšila o 0,2 %.



Obr. 33 - Závislost vlhkosti na počasí

Výsledné hodnoty jednotlivých vlhkostí vzorků byly zaříděny dle ČSN P 730610 [12] (Tab. 4). Drtivá většina vzorků ze všech zkoumaných objektů má velmi nízkou vlhkost, vyjma vzorku 1V2 umístěného v interiéru objektu SO1, kde je hodnota vlhkosti lehce zvýšená ustájením dobytka a vzorku 2V5, kde je hodnota velmi vysoká, způsobená zatékáním na konstrukci z porušeného střešního svodu. Na základě těchto výsledků lze konstatovat, že problémy s vlhkostí jsou pouze lokálního charakteru a po odstranění jejich příčiny dojde i k redukci vlhkosti.

Tab. 4 - Zařídění vzorků dle ČSN P 730610 [12]

Hodnocení vlhkosti	Vlhkost zdiva w (% hm.)	Vzorky SO1	Vzorky SO2	Vzorky SO3
VELMI NÍZKÁ	< 3	1V1, 1V3-1V6	2V1-2V4, 2V6	3V1-3V6
NÍZKA	3 - 5	1V2	-	-
ZVÝŠENÁ	5 - 7,5	-	-	-
VYSOKÁ	7,5 - 10	-	-	-
VELMI VYSOKÁ	> 10	-	2V5	-

8.3 Stanovení zasolení zdiva

S ohledem na využívání objektu můžeme předpokládat, že se zde budou nacházet různé druhy vodorozpustných solí. Tato kapitola se zaměří na potvrzení této domněnky. Za tímto účelem jsou použity dvě metody – stanovení konduktivity dle normy ČSN EN 16455 [13], pro kvantitativní odhad celkového obsahu rozpustných solí a semikvantitativní stanovení obsahu solí pomocí indikačních papírků. Pro obě tyto zkoušky byly mechanicky odebrány kousky cihel, které byly pro převoz uzavřeny do nepropustného sáčku, aby nedošlo

ke kontaminaci vzorku. Po převozu do laboratoře byl každý vzorek rozetřen v třecí misce (Obr. 34) a poté byl prosítován zkušebním sítím 100 μm . Takto připravený vzorek bylo následně možno použít pro výše uvedené zkoušky.



Obr. 34 - Příprava vzorku pro stanovení zasolení

8.3.1 Stanovení konduktivity dle ČSN EN 16455

Pro stanovení konduktivity bylo naváženo cca 100 ± 5 μg prosítovaného vzorku s přesností na 0,1 μg a následně se umístil do uzavíratelné nádoby. Do této nádoby bylo nalito 100 ml ultračisté demineralizované vody. Následně se vzorek umístil na laboratorní třepačku, kde byl vzorek ponechán po dobu 24 hodin, aby došlo k vyluhování vodorozpustných solí z minerálů do roztoku.



Obr. 35 - Filtrace roztoků pro stanovení zasolení zdiva



Obr. 36 - Konduktometr Greisinger GLF 100

Takto vytvořený roztok byl přefiltrován přes filtr 0,45 µm (Obr. 35) a následně byla měřena specifická konduktivita roztoku pomocí konduktometru (Obr. 36), a dopočtena specifická konduktivita γ (Tab. 5) dle vzorce (2).

Specifická konduktivita γ se vypočte dle vzorce (2)[13]:

$$\gamma = (\gamma_a - \gamma_b) \times \frac{100}{P} \quad (2)$$

, kde:

γ_a specifická konduktivita připraveného roztoku [$\mu\text{S}/\text{cm}$];

γ_b specifická konduktivita demineralizované vody [$\mu\text{S}/\text{cm}$];

P.....hmotnost prášku v měřeném roztoku [μg].

Tab. 5 - Měření specifické konduktivity

Vzorek	Hmotnost P [μg]	Specifická konduktivita roztoku γ_a [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	Specifická konduktivita γ [$\mu\text{S}/\text{cm}$]
1S1	100	75	75,0
1S2	100	51	51,0
1S3	100	30	30,0
1S4	101	34	33,7
1S5 (EX)	100	39	39,0
2S1	100	45	45,0
2S2	101	52	51,5
3S1	101	43	42,6
3S2	100	34	34,0
3S3 (EX)	100	50	50,0

8.3.2 Stanovení obsahu solí pomocí indikačních papírků

Zkouška stanovení obsahu solí pomocí indikačních papírků, se zaměřuje na nejdůležitější škodlivé vodorozpustné soli vyskytující se ve stavebních materiálech. Konkrétně se jedná o sírany, dusičnany a chloridy. Smyslem zkoušky bylo zjištění, zda se soli v odebraných vzorcích vyskytují a také stanovit jejich orientační množství.

Měření proběhlo na roztocích z připravených práškových vzorků. Do uzavíratelné nádoby bylo naváženo 10 g s přesností na 0,1g a 100 ml ultračisté vody. Poté se vzorky umístily na laboratorní třepače, kde byl vzorek ponechán po dobu 24 hodin, aby došlo k vyluhování vodorozpustných solí do roztoku. Následně byly roztoky přefiltrovány přes filtr 0,45 µm,

a do každého přefiltrovaného roztoku byly ponořeny indikační papírky po dobu jedné vteřiny. Po uplynutí určitého časového intervalu proběhlo odečtení obsahu daných solí porovnáním barev indikačních papírků (Obr. 37) se stupnicí (Obr. 38) poskytnutou výrobcem (Quantofix).



Obr. 37 - Indikační papírky po stanovení obsahu soli



Obr. 38 - Indikační stupnice

Tab. 6 - Zatřídění vzorku podle obsahu solí dle ČSN P 730610 [12]

STUPEŇ ZASOLENÍ ZDIVA	OBSAH SOLÍ V PROCENTECH HMOTNOSTI					
	Chloridy		Dusičnany		Síraný	
	% hm	Vzorek	% hm	Vzorek	% hm	Vzorek
NÍZKY	< 0,075	Zbylé	< 0,1	Zbylé	< 0,5	Zbylé
ZVÝŠENY	0,075 až 0,20	-	0,1 až 0,25	1s2, 2s1	0,5 až 2,0	2s1, 2s2
VYSOKÝ	0,20 až 0,50	3s3	0,25 až 0,50	1s1, 1s4	2,0 až 5,0	-
VELMI VYSOKÝ	> 0,50	-	> 0,50	-	> 5,0	-

Hodnocení obsahu soli proběhlo podle normy ČSN P 730610 [12]. Z tabulky výše (Tab. 6) můžeme pozorovat vysoký obsah chloridu ve zkušebním místě 3S3, pravděpodobně z posypových solí. Toto odběrné místo má značně narušené kusové stavivo a lze předpokládat, že vysoký obsah chloridů má na tuto degradaci vliv. Vzorky ze stavebního objektu SO1 jsou kontaminovány dusičnany ve zvýšené a vysoké míře. Zdroje dusičnanu jsou s největší pravděpodobností spojeny se zemědělskou výrobou. U objektu SO2 lze u odebraných vzorku pozorovat zvýšený obsah síranu a dusičnanu. Toto zasolení je pravděpodobně způsobeno možným uskladněním hnojiv v minulosti.

Tab. 7 – Porovnání specifické konduktivity a obsahu solí

Vzorek	Specifická konduktivita γ [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	Síraný [%hm.]	Chloridy [%hm.]	Dusičnany [%hm.]	Dusitany [%hm.]
1S1	75,0	< 0,2	0,0	0,3	0,0
1S2	51,0	< 0,2	0,0	0,1	0,0
1S3	30,0	< 0,2	0,0	0,0	0,0
1S4	33,7	< 0,2	0,0	0,5	0,0
1S5 (EX)	39,0	< 0,2	0,0	0,0	0,0
2S1	45,0	> 0,4	0,0	0,1	0,0
2S2	51,5	> 0,8	0,0	0,0	0,0
3S1	42,6	< 0,2	0,0	0,0	0,0
3S2	34,0	< 0,2	0,0	0,0	0,0
3S3 (EX)	50,0	< 0,2	0,5	0,0	0,0

Při porovnání výsledku (Tab. 7) ze stanovení konduktivity pro kvantitativní odhad celkového obsahu rozpustných solí a semikvantitativního stanovení obsahu solí pomocí indikačních papírků, je patrná závislost, že čím je obsah různých solí vyšší, tím vyšší je hodnota specifické konduktivity γ . Vzhledem k malému množství měření, se nepodařilo přesněji určit, které soli mají největší vliv na zvýšení specifické konduktivity γ .

8.4 Stanovení pevnosti zdiva v tlaku

V následující sekci se tato práce zabývá stanovením pevnostních charakteristik zdiva, konkrétně charakteristické pevnosti zdiva v tlaku. K tomuto účelu byly zvoleny dvě metody zkoušení. Semidestruktivní testování bylo prováděno IN SITU aplikací Kučerovy vrtačky (Obr. 39). Destruktivní metoda zahrnovala odebrání vzorků vysekáním, nebo pomocí jádrové vrtačky, následnou úpravou vzorků a zkoušení s využitím lisu.

8.4.1 Stanovení IN SITU – Aplikací Kučerovy vrtačky

Na každém objektu (SO1-SO3) byly zkoumány 3 standartní zkušební místa, kde 2 byla v interiéru (Obr. 40) a jedno v exteriéru. U objektu SO3 bylo navíc vybráno jedno zkušební místo, které bylo viditelně degradováno a vyskytovaly se zde zdící prvky různých barevných odstínů. Každé zkušební místo zahrnuje minimálně 12 vrtů, kde 6 je vedeno do cihel a 6 do malt. Hodnocení je v tomto případě hloubka vrtu, která je na základě kalibračních vztahů (Příloha 2; [14]) přepočtená na pevnost v tlaku.

V případě, že se lišila jedna hodnota hloubky z tří měření o více než 30 % od průměrné hodnoty, byl tento vrt určen jako neplatný a byl nahrazený dalším. U objektu SO1 je pozorována méně soudržná malta vápenocementová než u zbylých objektů, kde je pravděpodobně malta bez příměsí vápna a s větším zastoupením cementu. Na objektech SO2 a SO3 byla použita pravděpodobně stejná malta a obdobné zdící prvky. Celkem bylo provedeno 75 vrtů do cihly a 59 vrtů do malty.



Obr. 39 - Zkoušení pomocí Kučerovy vrtačky



Obr. 40 - Lokalizace 2K2 po aplikaci Kučerovy vrtačky

Pevnost malty/zdících prvků v tlaku R se vypočítá dle vzorců (3) až (5) [14]:

$$R = R_m - t_n \times S_r \quad (3)$$

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (4)$$

$$S_r = \frac{1}{n-1} \sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2} \quad (5)$$

, kde:

R_m výběrový průměr vyšetřované pevnosti z „n“ zkušebních míst;

S_r výběrová směrodatná odchylka;

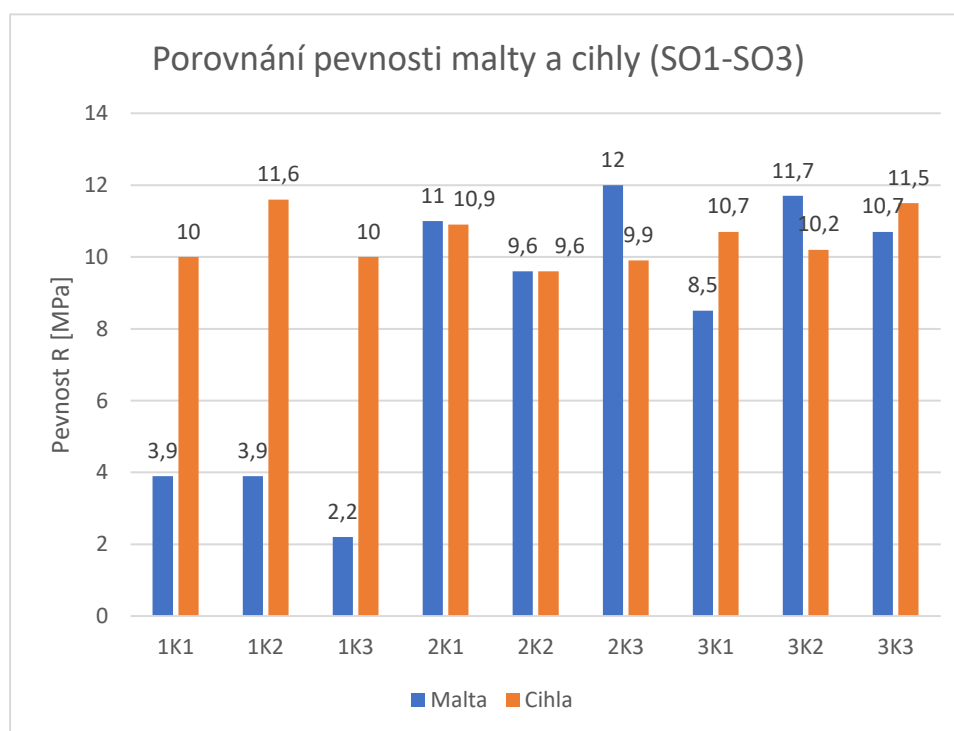
t_n součinitel pro odhad dolní hranice konfidenčního intervalu průměru, stanovený s pravděpodobností $P=0,9$. Hodnoty jsou uvedeny níže (Tab. 8):

Tab. 8 - Hodnoty součinitele t_n [14]

Počet vzorků n	t_n	Počet vzorků n	t_n
5	0,68	15	0,35
6	0,60	20	0,30
7	0,54	25	0,26
8	0,50	30	0,24
9	0,47	40	0,21
10	0,44	50	0,18
12	0,39	100	0,13

Výsledky zkoušení pevnost cihel a malt jsou zobrazeny v tabulkách přílohy 3.

Při porovnání výsledku průměrných hodnot pevnosti v tlaku u zdících prvků a zdící malty (Obr. 41), jsou hodnoty pevnosti v tlaku zdících prvků na všech zkoumaných objektech přibližně stejné. Při porovnání pevnosti v tlaku zdících malt (Obr. 41) lze konstatovat, že zdící malta použita při výstavbě objektu SO2 a SO3 byla přibližně stejné kvality, kdežto malta na objektu SO1 byla kvalitativně podstatně horší. Tyto hodnoty jsou získány ze standardních míst.



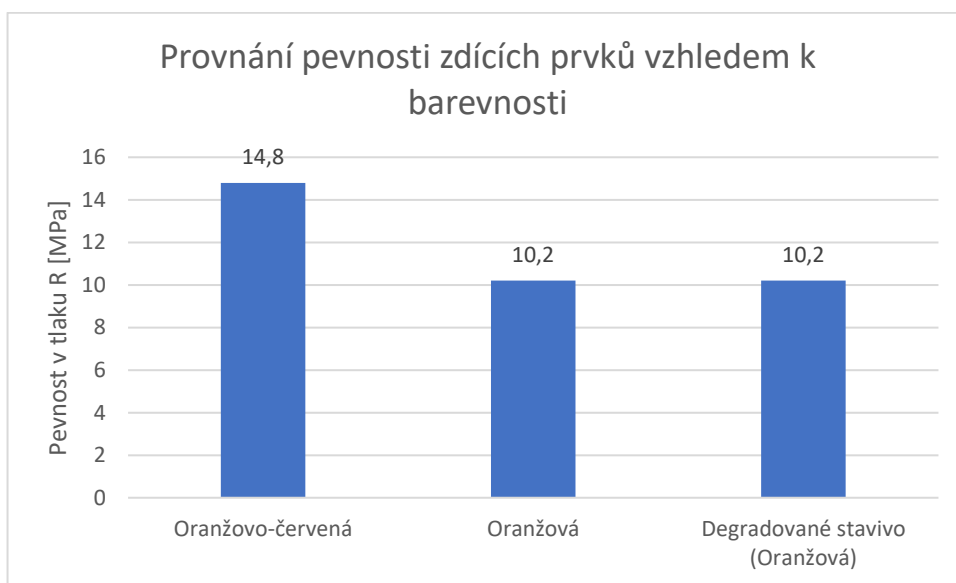
Obr. 41 - Porovnání pevnosti v tlaku zdících malt a zdících prvků

Pro vyhodnocení pevnosti v tlaku zdících prvků v degradovaném místě bylo zvoleno zkušební místo 3K4 (Obr. 42). Vyhodnocením výsledku zkušebního místa 3K4 určeného pro stanovení pevnosti v tlaku v závislosti na barevném odstínu zdících prvků a jejich degradaci na objektu SO3 (Obr. 43), lze konstatovat, že zdící prvky tmavší barvy mají vyšší pevnost

v tlaku než ty světlé. Co se týče zdegradovaných zdících prvků, mají téměř totožnou pevnost v tlaku jako světlejší zdící prvky, a i podobnou barvu. Na základě tohoto lze usuzovat tedy, že se jedná o stejné, nebo podobné zdící prvky, a tudíž lze předpokládat, že zdící prvky světlých odstínů budou degradovat rychleji.



Obr. 42 - Lokalizace místa pro stanovení pevnosti na základě barevnosti cihly



Obr. 43 - Porovnání pevnosti v tlaku a barevnosti zdících prvků

8.4.2 Stanovení pevnosti v tlaku destruktivní metodou dle ČSN EN 1052-1 [15]

Vzhledem k stálému využívání objektů, byly vzorky odebírány v místech, kde nedojde k významnému poškození objektu a současně nebude narušen jeho provoz. V případě SO1 a SO3 byly odebrány volné kusy kusového staviva v místech poruch, nebo vyseknuty v místech nesoudržnosti zdící malty. U objektu SO2 byl proveden jeden jádrový vývrt (Obr. 44) a jedna

cihla byla vysekána pomocí vrtačky s příklepem. Z provozních a konstrukčních důvodů nebyl odebrán třetí vzorek.



Obr. 44 - Jádrový vývrt SO2

Vzorky byly následně nařezány mokrým způsobem na krychle 40x40x40mm (Obr. 45).



Obr. 45 - Nařezané a vybroušené vzorky pro stanovení pevnosti v tlaku

Vzhledem k užití mokrého způsobu na nařezání a vybroušení, byly vzorky umístěny do sušárny a pevnost v tlaku byla zkoušena na vysušených vzorcích. Vzhledem k poměrně nízkým

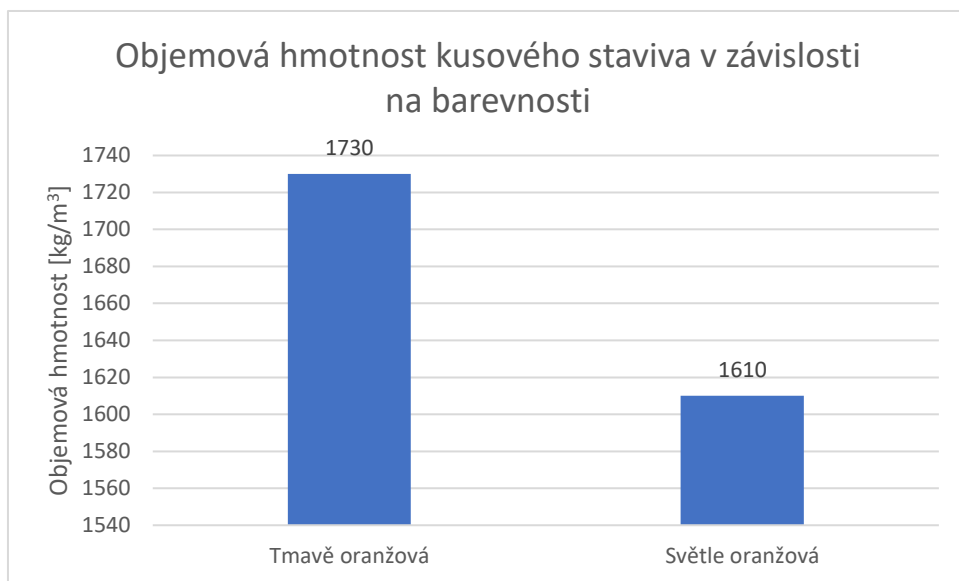
hodnotám vlhkosti, by tento fakt neměl významně zkreslit výsledky zkoušky. Před testováním byly všechny vzorky vizuálně popsány (Tab. 9).

Tab. 9 - Popis odebraných vzorků kusového staviva pro stanovení pevnosti v tlaku

	BARVA	DEGRADACE	VZDUCHOVÉ PÓRY	CICVÁRY
1J1	Tmavě oranžová	Nehomogenní cihelný střep, povrchové trhlinky způsobené pravděpodobně při výrobě řezáním	Zvýšený výskyt, do vel. 4mm	Zvýšený výskyt vel. 2mm, do vel. 4mm
1J2	Světle oranžová	Nehomogenní cihelný střep, povrchové trhlinky způsobené pravděpodobně při výrobě řezáním	Zvýšený výskyt, do vel. 2mm	Zvýšený výskyt vel. 2-4mm, do vel. 6mm
1J3	Tmavě oranžová	Nehomogenní cihelný střep, povrchové trhlinky způsobené pravděpodobně při výrobě řezáním	Častý výskyt vel. 2mm, do vel. 8mm	Častý výskyt vel. 2-4mm, do vel. 8mm
2J1	Světle oranžová	Povrchové trhlinky způsobené pravděpodobně při výrobě řezáním	Nízký výskyt, do vel. 2mm	Nízký výskyt do vel. 6mm
2J2	Světle oranžová	Povrchové trhlinky způsobené pravděpodobně při výrobě řezáním	Zvýšený výskyt do vel. 4mm	Nízký výskyt vel. 4mm, ojediněle 12mm
3J1	Tmavě oranžová	Nehomogenní cihelný střep, povrchové trhlinky způsobené pravděpodobně při výrobě řezáním	Častý výskyt vel. 3mm, do vel. 8mm	Častý výskyt vel. 2mm, do vel. 6mm
3J2	Tmavě oranžová	Nehomogenní cihelný střep, povrchové trhlinky způsobené pravděpodobně při výrobě řezáním	Zvýšený výskyt do vel. 5mm	Nízký výskyt do vel. 3mm
3J3	Tmavě oranžová	Nehomogenní cihelný střep, povrchové trhlinky způsobené pravděpodobně při výrobě řezáním	Zvýšený výskyt do vel. 5mm	Nízký výskyt do vel. 6mm

Z tabulky výše (Tab. 9), je patrné, že cihelný střep kusového staviva světlejších barev, byl lépe zhomogenizován a také obsahují méně cicváru. U všech vzorků byly pozorovány povrchové trhliny, které jsou způsobeny pravděpodobně při výrobě, konkrétně při řezání hmoty strunou na jednotlivé kusové stavivo.

Jednotlivé krychelné vzorky byly změřeny a zváženy a následně byla vypočtena objemová hmotnost. Objemová hmotnost byla vypočtena dle normy ČSN EN 772-13 [16]. Pro dané odběry byla objemová hmotnost vypočtena a zaokrouhlена na 10 kg/m³. Z grafu níže (Obr. 46) je patrné, že kusové stavivo světlejší barvy, má nižší objemovou hmotnost. Průměrná objemová hmotnost tmavě oranžových vzorků je 1730 kg/m³ a u světlých vzorků tato hodnota činí 1610 kg/m³.

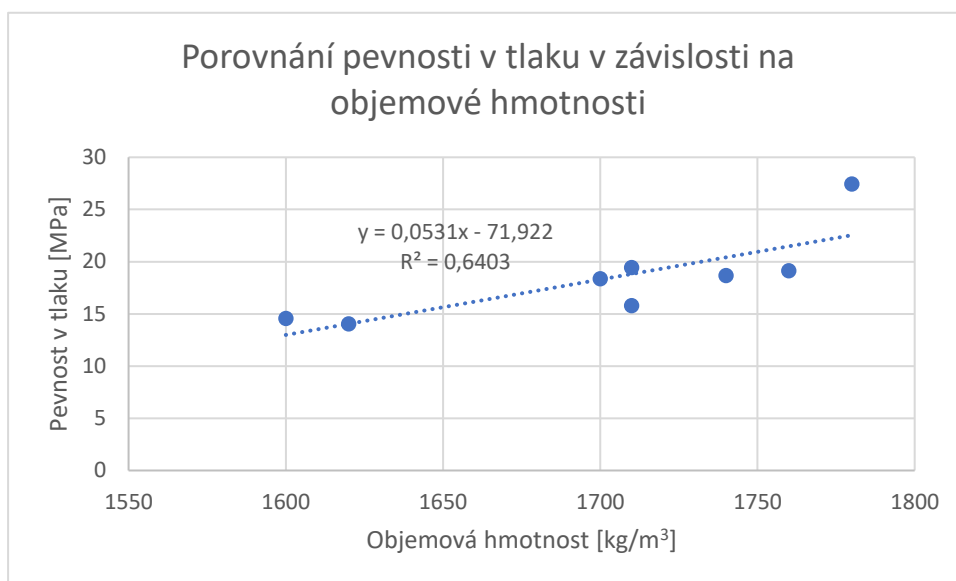


Obr. 46 - Objemová hmotnost kusového staviva v závislosti na barevnosti

Při porovnání pevnosti v tlaku k objemové hmotnosti, lze pozorovat lineární závislost (Obr. 47; Tab. 10). A tudíž lze konstatovat, že s rostoucí objemovou hmotností zdících prvků roste i jejich pevnost v tlaku.

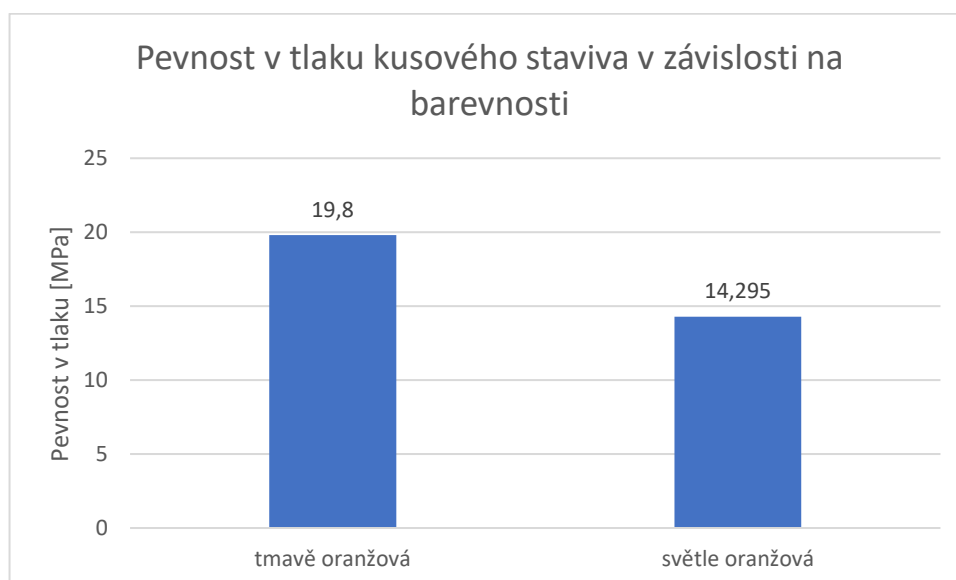
Tab. 10 - Průměrné pevnosti v tlaku a objemové hmotnosti odebraných vzorků

Ozn. vzorku	Počet vytvořených krychli	Objem. hm. [kg/m³]	Pevnost v tlaku [MPa]
1J1	5	1760	19,1
1J2	4	1710	15,8
1J3	7	1740	18,7
2J1	3	1600	14,6
2J2	2	1620	14,0
3J1	6	1700	18,4
3J2	5	1710	19,4
3J3	8	1780	27,4



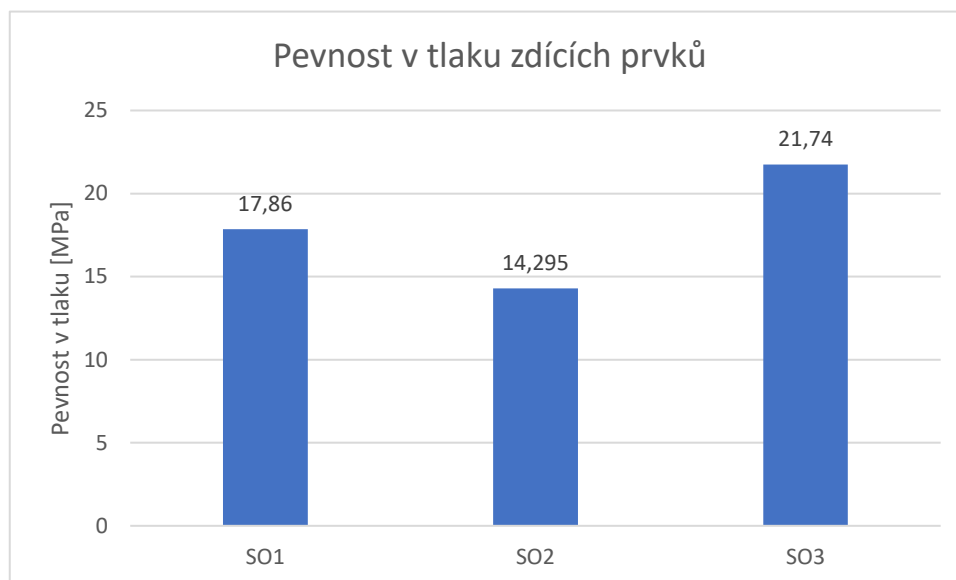
Obr. 47 – Závislost pevnosti v tlaku na objemové hmotnosti

Z výsledku zkoušek (příloha 4) je patrná závislost mezi barevností kusového staviva a pevnosti v tlaku (Obr. 48). Průměrná hodnota pevnosti v tlaku u všech zkoumaných vzorku je 18,4 MPa, kde průměrná hodnota u tmavších vzorků je 19,8 MPa a u světlých 14,3 MPa. Nejnížší ověřená hodnota pevnosti v tlaku je 11,3 MPa. Tato nízká hodnota byla zjištěna u jediného vzorku z odběru 2J2 z objektu SO2, získaného pomocí jádrového vývrtu. Příčinou je pravděpodobně značná povrchová degradace zdícího prvku.



Obr. 48 - Pevnost v tlaku kusového staviva v závislosti na barevnost

Porovnávání pevnosti v tlaku zdících prvků s ohledem na objekty (Obr. 49), je pouze orientačního charakteru z důvodu, že nebylo možné provést dostatečně reprezentativní odběr. Pro ověření by bylo potřeba odebrat vzorky ve kterých by se zaměřilo na různé barevnosti zdících prvků na jednotlivých objektech.



Obr. 49 - Průměrné pevnosti v tlaku jednotlivých stavebních objektů

8.4.3 Charakteristická pevnost zdiva

Charakteristická pevnost zdiva je jedná z nejdůležitějších hodnot pro stanovení únosností celé konstrukce. Pomocí statických výpočtů se určí, zdali konstrukce vyhoví mezním stavům použitelnosti a únosnosti. Pevnost zdiva v tlaku je závislá především na samotné pevnosti v tlaku zdících prvků a zdících malt. Ovlivňují jí také skupiny zdících prvků, druh zdiva, tloušťky ložných spár a druhu malty.

Charakteristická pevnost zdiva, která je potřebná pro statické výpočty se stanoví podle vztahu (6)[15]. Pro výpočty v této bakalářské práci byly použity hodnoty pevnosti v tlaku zdících prvků stanoveny destruktivní metodou pomocí zkušebního lisu a pevnosti v tlaku zdících malt stanoveny semidestruktivní metodou pomocí Kučerovy vrtačky:

$$f_k = K \times f_b^\alpha \times f_m^\beta \quad (6)$$

, kde:

f_kcharakteristická pevnost zdiva v tlaku [N/mm²];

K.....konstanta závislá na druhu zdiva a skupině zdících prvků, pro cihly plné pálené K=0,55 [14];

f_bprůměrná pevnost v tlaku zdícih prvků získána destruktivní metodou [N/mm²];
 f_mprůměrná pevnost malty v tlaku získána semidestruktivní metodou [N/mm²];
 αexponent závislý na tloušťce ložných spár a druhu malty, pro nevyztužené zdivo s obyčejnou maltou $\alpha=0,65$;
 βexponent závislý na druhu malty, pro obyčejnou maltu $\beta=0,25$.

Vzhledem k různým pevnostem u malt na objektu SO1 a SO2 s SO3, bude charakteristická pevnost zdiva u objektu SO1 vyhodnocena samostatně.

Dosazení do vzorce (6) pro výpočet charakteristické pevnosti zdiva u objektu SO1:

$$f_k = 0,55 \times 18,09^{0,65} \times 3,3^{0,25}$$

$$f_k = 2,1 \text{ MPa}$$

Dosazení do vzorce (6) pro výpočet charakteristické pevnosti zdiva u objektu SO2 a SO3:

$$f_k = 0,55 \times 20,48^{0,65} \times 10,58^{0,25}$$

$$f_k = 10,1 \text{ MPa}$$

Charakteristická pevnost zdiva zjištěná pomocí vzorce (6) u stavebního objektu SO 1, je stanovena na 2,1 MPa. U objektu SO 2 a SO 3, je hodnota charakteristické pevnosti zdiva stanovena na 10,1 MPa. U objektu SO1 lze pozorovat, že má výrazně nižší hodnotu charakteristické pevnosti v tlaku. To je způsobeno výrazně nižší hodnotou pevnosti v tlaku malty a také nižší pevnosti v tlaku zdícih prvků. Tyto hodnoty můžou posloužit pro statické výpočty a ověření únosnosti stávajících konstrukcí.

8.5 Posouzení železobetonových ztužujících věnců na objektech SO2 a SO3

Jelikož jsou železobetonové ztužující věnce důležitou částí konstrukce, byla potřeba prozkoumat blíže i tyto části. K tomuto účelu byly vybrány dvě místa na objektu SO3 (viz. výkres č.3), na kterých byly tyto ztužující věnce prozkoumány zejména s ohledem na použitou ocelovou výztuž, její umístění a stav, a v neposlední řadě na hloubku karbonatce betonu.

8.5.1 Popis sekané sondy SS1 (prefabrikovaný věnec)



Obr. 50 – Sekaná sonda 1

Sekaná sonda SS1 (Obr. 50) je vytvořená na prefabrikovaném železobetonovém prvku, který tvarem připomíná I nosník s pásnicí šířky cca 100 mm a výšky 50 mm a stojnou vysokou 200 mm a šířkou 40 mm. V tomto prvku byly zjištěny 4 průběžné pruty ocelové výztuže, jeden v horní části, tři ve spodní, a třmínek, který je ovinutý okolo prutů výztuže. Třmínek je zhotoven z hladké ocelové výztuže o průměru 6 mm. Na třmínku je povrchová koroze. Výztuž umístěná ve vrchní části prefabrikovaného prvku má průměr 8 mm, je z hladké betonářské výztuže a nachází se na ní povrchová a laminární koroze, kde korozní úbytek je cca 10 % z původního průměru prutu betonářské výztuže. Betonářská výztuž ve spodní části železobetonového prvku je typu 10 400, středový prut je průměru 14 mm a krajní pruty jsou průměru 10 mm. Tyto pruty jsou z 60 % povrchu bez koroze. Na zbylé ploše se nachází laminární koroze s korozním úbytkem cca 20 %.



Obr. 51 - Stanovení hloubky karbonatace pomocí fenolftaleinu (SS1)

Karbonatace betonu byla zkoušena pomocí fenolftaleinového indikátoru (Obr. 51), který se za pomoci stříčky nanese na povrch a v místě, kde měl beton pH vyšší než 8,3, se změnila barva na fialovou. V těchto místech má beton dostatečně zásaditý charakter, který dokáže ochránit ocelovou výztuž před korozi. Následně se změřila vzdálenost od povrchu prvku po místo, od kterého se změnila barva indikátoru z čiré na fialovou. Hloubka karbonatace u tohoto prvku byla stanovena na cca 50 mm, což představuje téměř celý prvek.

8.5.2 Popis sekané sondy SS2 (monolitický věnec)



Obr. 52 - SS2

Vzhledem k užívání stavby nebylo dovoleno zasahovat do monolitických železobetonových věnců, z toho důvodu nebyla provedena nová sekaná sonda, ale pro hodnocení stavu výztuže bylo možné využít vybouraný otvor na východní fasádě SO3, kde po vybourání zůstalo viditelné čelo monolitického věnce (Obr. 52).

V tomto místě byly nalezeny čtyři pruty betonářské výztuže pravděpodobně typu 10 400, nebo 10 425. Druh výztuže se nepodařilo blíže specifikovat. Průměr prutů je 10 mm. Krycí vrstva betonářské výztuže se velmi liší. Pravděpodobně bylo při betonáži podceněno ukotvení výztuže a zajištění tak dostatečného krytí. Krytí ve zkoumaném místě dosahovalo hodnot od 5 mm do 50 mm. Vzhledem k nemožnosti zasahovat do prvku se nepodařilo stanovit hloubku karbonatace.

9 Zhodnocení

Pomocí zkoušení materiálových charakteristik v kapitolách praktické části této bakalářské práce, lze říci, že u zkoumaných stavebních objektů SO2 a SO3 se problematika zvýšené vlhkosti netýká, pouze v místě u poruchy střešního svodu, kde byla lokální vlhkost velmi vysoká. V běžných místech je na těchto objektech hodnota vlhkosti velmi nízká. Zatřídění vlhkosti proběhlo podle normy ČSN EN ISO 12570 [8].

Stanovení zasolení potvrdilo, že vlivem způsobů využívání se objektu bude týkat zvýšená dotace solemi. Nejhuře je na tom objekt SO1, který je neustále ve styku s fekáliemi, které zdivo dotují dusičnany. Na vzorcích z objektu SO2 byl nalezen zvýšený obsah síranu a dusičnanu. Toto zasolení bude pravděpodobně způsobené uskladněním hnojiv v minulosti. U jediného odebraného vzorku na objektu SO3 (3S3) se vyskytl velký obsah chloridů. Tento vzorek byl odebrán z exteriéru ve značně degradovaném místě. Vznik tohoto zasolení se nepodařilo identifikovat, ale je možné, že jde o dotaci vlivem posypových solí, které se používají v zimním období.

Zkoušení pevnosti v tlaku za pomoci Kučerovy vrtačky pomohlo porovnat objekty, co se týče kvality použitých materiálů na zkoumaných objektech a také v degradovaných místech. Odhalilo se, že na objektu SO1 byla použita zdící malta z pevnosti přibližně 4x nižší, než u zdící malty použité na objektu SO2 a SO3. Potvrzuje to domněnku, že u SO1 byla použita malta vápenocementová, kdežto u SO2 a SO3 malta cementová. Pevnost zdících prvků v tlaku u všech objektů je přibližně stejná. Ve zkušebním místě umístěném u degradované části konstrukce objektu SO3 se prokázalo, že zdící prvky světlejších odstínů rychleji podléhají degradaci a mají orientačně nižší pevnost v tlaku než cihly tmavších odstínů. Zajímavostí je, že se při porovnání pevnosti v tlaku stanovené pomocí Kučerovy vrtačky u viditelně degradovaných a nepoškozených světlých cihel bylo zjištěno, že nabývají přibližně stejných hodnot pevnosti.

Při stanovení pevnosti v tlaku destruktivní metodou byla porovnávána objemová hmotnost, barevnost a pevnost v tlaku. Zdící prvky tmavších odstínů měly vyšší objemovou hmotnost a také vyšší pevnost v tlaku. Nejnižší pevnosti v tlaku dosáhly cihly odebrány z objektu SO2, jelikož byly odebrány světlé vzorky, které dosahovaly až extrémní hodnoty 11,3 MPa. Průměrná hodnota pevnosti v tlaku kusového staviva ze všech odebraných vzorků dosahuje hodnot 18,4 MPa. Za klíčové zjištění lze považovat fakt, že je velmi důležité odebírat vzorky v dostatečně reprezentativní míře, aby byly zastoupeny všechna standartní a kritická místa

a také všechny typy použitých zdících prvků. Následně byla vypočtená charakteristická pevnost zdiva pro objekty SO1 až SO3, kde objekty SO2 a SO3 byly vyhodnocovány společně, vzhledem k podobným pevnostem malt. Charakteristická pevnost v tlaku u objektu SO1 byla stanovena na 2,1 MPa a u objektu SO 2 a SO3 byla tato hodnota stanovena na 10,1 MPa. Z toho vyplývá, že zdící malta má velmi významný vliv na celkovou pevnost zdiva.

U stavebních objektů SO2 a SO3 byla stanovena totožná kritická místa. Jedná se o vybourané otvory, které slouží jako vjezdy do objektů. Po vybourání otvorů nedošlo k žádnému zajištění překladu a celou konstrukci nad ním přenáší železobetonový ztužující věnec, u kterého se z nejvyšší pravděpodobnosti nepočítalo s takovým typem zatížení. Z toho důvodů byly provedeny 2 sekané sondy. První sekaná sonda byla orientována do prefabrikovaného železobetonového věnce a druhá sekaná sonda byla zaměřená na železobetonový monolitický věnec v místě přerušení ve vybouraném otvoru. Z těchto sond se podařilo určit druh použité výztuže, její orientaci a stav z hlediska korozního napadení. Stanovení karbonatce betonu bylo zjištěno pouze u prefabrikovaného železobetonového věnce, který je téměř celý zkarbonatovaný, a tudíž ocelová výztuž není proti korozi chráněná.

Ze zjištěných dat během předběžného a podrobného stavebně technického průzkumu se zjistilo, že objekty jsou ve špatném stavebně-technickém stavu a je doporučeno, v některých případech nutné provést sanační opatření. Na základě uvedených zjištění, lze navrhovaná opatření pro zkoumané objekty shrnout do čtyř základních bodů, od nejvýznamnějších po ty méně významné:

1. zajištění otvoru a nestabilních částí;
2. sanace železobetonových věnců;
3. řešení degradace zdících prvků a jejich zasolení;
4. lokální problémy s vlhkostí.

U vybouraných otvorů je nutné provést jejich zajištění, například podepření pomocí ocelových válcovaných profilů, kde profily sloužící jako sloupy by mohly být ukotveny pomocí chemických kotev do monolitického železobetonového sloupu. Pod ocelovými sloupy lze umístit ocelové roznášecí desky, pro rozložení zatížení do základů. Na takto zajištěné ocelové sloupy lze uložit další ocelový válcovaný profil pro zachycení svislého zatížení (tvar, dimenze a napojení jednotlivých prvků je třeba ověřit pomocí statického výpočtu).

Dále je nutné provést sanaci zkarbonatovaných železobetonových věnců. Pomocí pískování by měly být odstraněny korozní produkty z odhalené výztuže a vysokotlakým vodním paprskem následně očištěn podklad od nečistot a nesoudržných částí betonu. Poté je možné provést ochranný nátěr výztuže a po zaschnutí i lokální reprofilaci. Následně po vyschnutí konstrukce (maximální vlhkost podkladu je 4 %) se nanáší nástřik inhibitorem koroze. Finální uzavření betonu by mělo být provedeno ochranným nátěrem, který zabrání další degradaci způsobenou CO₂.

Vzhledem k zasolení objektů a předpokladu používání stavby v budoucnosti, tudíž dalšímu dotování konstrukce solemi, se doporučuje odstranit zbytky nesoudržných omítek ze všech objektů. Odstranit nesoudržnou zdící maltu ze styčných a ložných spár ve zdivu, zdegradované kusy zdících prvků odstranit a nahradit novými. Na takto vyspravené stěny nanést sanační omítky, které nejsou náchylné na poškození vodorozpustnými solemi.

V neposlední řadě je potřeba odstranit lokální problémy s vlhkostí, aby nebyly urychlovány degradační procesy v těchto místech. Zejména se jedná o opravu poruch svodů dešťové vody a oplechování.

Pokud se neprovedou žádná sanační opatření, celková degradace stavebních objektu bude postupovat rychleji a významně se tím zkrátí životnost objektu.

10 Seznam použitých zdrojů

Seznam použité literatury

- [1] HANYKÝŘ, V.; KUTZENDORFER, J.: *Technologie keramiky*, Praha: Silikátový svaz, 2008, ISBN 978-80-86821-48-1.
- [2] PYTLÍK, P., SOKOLÁŘ, R.: *Stavební keramika*, CERM, Akademické nakladatelství, Brno, 2002, ISBN: 80-7204-234-3.
- [3] Kostka Rostislav, *Diplomová práce – Porovnání nedestruktivních zkoušek cihelného zdiva se zkouškami na vývrtech a kusových stavivech*, Brno 2002.
- [4] Hobst, L., Adámek J., Cikrle P., Schmid, P.: *Diagnostika stavebních konstrukcí: přednášky*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební, 2005.
- [5] *Výukové materiály modulu Diagnostika staveb - Vzdělávací program pro stavební inženýry*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2012. ISBN 978-80-248-2895-4.
- [6] WITZANY, Jiří. *PDR - poruchy, degradace a rekonstrukce*. V Praze: České vysoké učení technické, 2010. ISBN 978-80-01-04488-9.
- [7] Solař, J.: *Poruchy a rekonstrukce zděných staveb*, 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., Praha 2008, 192 str. ISBN 978-80-247-2672-4
- [8] ČSN EN ISO 12570 *Tepelně vlhkostní chování stavebních materiálů a výrobků - Stanovení vlhkosti sušením při zvýšené teplotě*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2001.
- [9] Solař, J. *Odstraňování vlhkosti*, Praha Grada 2013, ISBN 978-80-247-4708-8
- [10] BILČÍK, Juraj a Jiří DOHNÁLEK. *Sanace betonových konstrukcí*. Bratislava: Jaga group, 2003. ISBN 80-88905-24-9.
- [11] ČSN ISO 13822 (730038) *Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [12] ČSN P 730610 *Hydroizolace staveb - Sanace vlhkého zdiva - Základní ustanovení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2001.
- [13] ČSN EN 16455 *Ochrana kulturního dědictví - Stanovení obsahu vodorozpuštěných solí v přírodním kameni a v příbuzných historických materiálech*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [14] *Návod k používání přístroje pro zjišťování pevnosti zdících prvků a malty typ PZZ01*. Praha: Technický a zkušební ústav stavební Praha, s. p., 2004

- [15] ČSN EN 1052-1 *Zkušební metody pro zdivo - Část 1: Stanovení pevnosti v tlaku*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2001.
- [16] ČSN EN 772-13 *Zkušební metody pro zdicí prvky - Část 13: Stanovení objemové hmotnosti materiálu zdicích prvků za sucha a objemové hmotnosti zdicích prvků za sucha (kromě zdicích prvků z přírodního kamene)*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2001.

Seznam použitých internetových odkazů

- [17] Současné české zemědělství ve statistických číslech | ČSÚ. Český statistický úřad | ČSÚ [online]. [cit. 25.03.2019] Dostupné
z: https://www.czso.cz/csu/czso/soucasne_ceske_zemedelstvi_ve_statistickych_cislech
- [18] Šunychl – Wikipedie. [online]. [cit. 03.03.2019] Dostupné
z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Šunychl>
- [19] Mapy.cz. Mapy.cz [online]. [cit. 03.03.2019] Dostupné
z: <https://mapy.cz/zakladni?x=18.2443992&y=49.8294056&z=11>
- [20] Podnebí Bohumín – meteoblue. [online]. Copyright © 2006 [cit. 08.04.2019].
Dostupné
z: https://www.meteoblue.com/cs/pocas%C3%AD/předpověď/modelclimate/bohumm%C3%ADn_Česko_3079129

Seznam obrázků

Obr. 1 - Základní vazby zdiva [4].....	5
Obr. 2 - Příklad hrázděného zdiva (dřevo-cihla)	5
Obr. 3 - Příklad hrázděného zdiva (beton-cihla)	5
Obr. 4 - Příklady betonářských ocelí [10]	6
Obr. 5 - Porušení tlačného zděného pilíře [5]	8
Obr. 6 - Příklad odpadlé krycí vrstvy betonu	9
Obr. 7 - Příklady trhlin u železobetonových konstrukcí [5]	9
Obr. 8 - Vývojový diagram postupu hodnocení existujících konstrukcí [11]	19
Obr. 9 - Průčelí zkoumané stavby.....	21
Obr. 10 - Schéma stavebních objektů.....	22
Obr. 11 - Umístění stavby [5]	22
Obr. 12 - Severní stěna SO1	23
Obr. 13 - Větrná ružice [6]	24
Obr. 14 - Zastřešení SO1	24
Obr. 15 - Vybouraný otvor SO1	25
Obr. 16 - Interiérové omítky SO1.....	25
Obr. 17 - Jižní fasáda SO2.....	26
Obr. 18 - Nevhodně orientované stavivo SO2.....	26
Obr. 19 - Východní fasáda SO2.....	27
Obr. 20 - Poškozený střešní svod SO2.....	27
Obr. 21 - Zastřešení SO2.....	27
Obr. 22 - Severní fasáda SO3	28
Obr. 23 - Zvětralé cihly SO3.....	28
Obr. 24 - Umístění panelů ve vjezdu SO3.....	29
Obr. 25 - Degradace ŽB věnce SO3.....	29
Obr. 26 - Západní fasáda SO4	29
Obr. 27 - Poškozené hurdisky SO4.....	29
Obr. 28 - Objekt SO5.....	30
Obr. 29 - Objekt SO6.....	31
Obr. 30 - Oslabená zděná stěna SO6.....	31
Obr. 31 - Odběr vzorků pro stanovení vlhkosti.....	32
Obr. 32 - Vlhkost vzhledem k výšce odběrného místa.....	34
Obr. 33 - Závislost vlhkosti na počasí.....	35
Obr. 34 - Příprava vzorku pro stanovení zasolení.....	36

Obr. 35 - Filtrace roztoku pro stanovení zasolení zdiva.....	36
Obr. 36 - Konduktometr Greisinger GLF 100.....	36
Obr. 37 - Indikační papírky pro stanovení obsahu solí.....	38
Obr. 38 - Indikační stupnice.....	38
Obr. 39 - Zkoušení pomocí Kučerovy vrtačky.....	40
Obr. 40 - Lokalizace 2K2 po aplikaci Kučerovy vrtačky.....	40
Obr. 41 - Porovnání pevnosti v tlaku zdících malt a zdících prvků.....	41
Obr. 42 - Lokalizace místa pro stanovení pevnosti na základě barevnosti cihly.....	42
Obr. 43 - Porovnání pevnosti v tlaku a barevnosti zdících prvků.....	42
Obr. 44 - Jádrový vývrt SO2.....	43
Obr. 45 - Nařezané a vybroušené vzorky pro stanovení pevnosti v tlaku.....	43
Obr. 46 - Objemová hmotnost kusového staviva v závislosti na barevnosti.....	45
Obr. 47 - Závislost pevnosti v tlaku na objemové hmotnosti.....	46
Obr. 48 - Pevnost v tlaku kusového staviva v závislosti na barevnosti.....	46
Obr. 49 - Průměrné pevnosti v tlaku jednotlivých stavebních objektů.....	47
Obr. 50 - Sekaná sonda 1.....	49
Obr. 51 - Stanovení hloubky karbonatace pomocí fenolftaleinu (SS1).....	49
Obr. 52 - Sekaná sonda 2.....	50

Seznam tabulek

Tab. 1 - Základní vlastnosti vybraných cihelných prvků	3
Tab. 2 - Hydratační tlaky vznikající při rekrystalizaci některých solí [6]	14
Tab. 3 - Stanovení vlhkosti vzorků.....	33
Tab. 4 - Zatřídění vzorků dle ČSN P 730610 [12]	35
Tab. 5 - Měření specifické konduktivity	37
Tab. 6 - Zatřídění vzorku podle obsahu solí dle ČSN P 730610 [12]	38
Tab. 7 – Porovnání specifické konduktivity a obsahu solí	39
Tab. 8 - Hodnoty součinitele t_n [14]	41
Tab. 9 - Popis odebraných vzorků kusového staviva pro stanovení pevnosti v tlaku	44
Tab. 10 - Průměrné pevnosti v tlaku a objemové hmotnosti odebraných vzorků	45

Seznam příloh

Příloha 1 – Tabulky naměřených a vypočítaných hodnot pro stanovení vlhkosti	
Příloha 2 – Kalibrační vztahy pro stanovení pevnosti v tlaku pomocí Kučerovy vrtačky	
Příloha 3 – Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot pro stanovení pevnosti v tlaku pomocí Kučerovy vrtačky	
Příloha 4 – Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot pro stanovení pevnosti v tlaku destruktivní metodou	
Výkres č.1 – Schématické členění stavby do stavebních objektů	
Výkres č.2 – Schéma lokalizace poruch	
Výkres č.3 – Schéma odběrných míst	

Příloha 1 - Tabulky naměřených a vypočítaných hodnot pro stanovení vlhkosti

Vzorek	Vyška odběru [cm]	Odběr 1			Odběr 2		
		m _v [g]	m _s [g]	w [%]	m _v [g]	m _s [g]	w [%]
1V1	30	39,088	38,055	2,714	-	-	-
1V2	80	34,462	33,254	3,633	63,084	60,732	3,873
1V3	30	18,094	17,617	2,708	-	-	-
1V4	80	47,897	47,071	1,755	31,433	30,87	1,824
1V5 (EX)	50	27,030	26,793	0,885	32,346	32,052	0,917
1V6 (EX)	50	42,704	42,397	0,724	-	-	-
2V1	30	28,980	28,446	1,877	-	-	-
2V2	80	40,448	39,987	1,153	13,051	12,802	1,945
2V3	30	55,781	55,650	0,235	-	-	-
2V4	80	16,779	16,719	0,359	33,258	33,087	0,517
2V5 (EX)	50	63,071	55,619	13,398	-	-	-
2V6 (EX)	60	21,106	21,025	0,385	24,722	24,615	0,435
3V1	30	23,260	22,823	1,915	-	-	-
3V2	70	35,725	35,470	0,719	54,901	54,483	0,767
3V3	30	43,012	42,793	0,512	-	-	-
3V4	80	20,326	20,230	0,475	37,528	37,325	0,544
3V5 (EX)	50	27,837	27,744	0,335	-	-	-
3V6 (EX)	70	52,587	51,283	2,543	41,13	40,053	2,689

Příloha 2 – Kalibrační vztahy pro stanovení pevnosti v tlaku pomocí Kučerovy vrtačky [14]

OBECNÉ KALIBRAČNÍ VZTAHY

CIHLY ST. 2		MALTA ST. 1	
HLOUBKA VRTU [mm]	PEVNOST CIHEL [MPa]	HLOUBKA VRTU [mm]	PEVNOST MALTY [MPa]
2	23,8	18	5,2
3	19,5	19	4,9
4	16,9	20	4,5
5	15,1	21	4,2
6	13,8	22	4,0
7	12,7	23	3,7
8	11,9	24	3,5
9	11,2	25	3,3
10	10,7	26	3,1
11	10,2	27	3,0
12	9,7	28	2,8
13	9,3	29	2,7
14	9,0	30	2,6
15	8,7	31	2,5
16	8,4	32	2,3
17	8,2	33	2,3
18	7,9	34	2,2
19	7,7	35	2,1
20	7,5	36	2,0
21	7,4	37	1,9
22	7,2	38	1,8
23	7,0	39	1,8
24	6,9	40	1,7
25	6,7	41	1,7
26	6,6	42	1,6
27	6,5	43	1,6
28	6,4	44	1,5
29	6,3	45	1,5
30	6,2	46	1,4
		47	1,4
		48	1,3
		49	1,3
		50	1,3
		51	1,2
		52	1,2
		53	1,2
		54	1,1
		55	1,1
		56	1,1
		57	1,1

Příloha 3 – Tabulky naměřených a vypočítaných hodnot pro stanovení pevnosti v tlaku pomocí Kučerovy vrtačky

Pevnosti v tlaku zdící malty u cihelného zdiva na objektu SO1

Označení objektu	Označení zkušebních o místa	Pozice zkušebního místa		Nastavený stupeň vrtání	Měřené hodnoty hloubky navrtání [mm]				Průměrná hodnota hloubky navrtání [mm]	Přepočtená pevnost malty v tlaku [MPa]
		Typ konstrukce	Výška zkušebního místa [m]		1.	2.	3.	4.		
SO1	1K1	Vnitřní stěna Interiér	1,0	1	15	22	23	-	20	4,5
			0,9	1	23	30	21	-	25	3,3
	1K2	Vnitřní stěna Interiér	1,0	1	22	18	16	-	19	4,9
			0,9	1	28	29	16	27	28	2,8
	1K3	Obvodová stěna Interiér	1,0	1	38	34	50	-	41	1,7
			0,9	1	31	67	26	33	30	2,6
Výběrová hodnota přepočtené pevnosti v tlaku zdící malty R _m [MPa]:									3,3	
Výběrová směrodatná odchylka S _r [-]:									1,21	
Součinitel pro odhad dolní hranice konfidenčního intervalu t _n [-]:									0,60	
Pevnost v tlaku zdící malty v ložné spáře R [MPa]:									2,40	

Pevnosti v tlaku zdících prvků u cihelného zdiva na objektu SO1

Označení objektu	Označení zkušebních o místa	Pozice zkušebního místa		Nastavený stupeň vrtání	Měřené hodnoty hloubky navrtání [mm]				Průměrná hodnota hloubky navrtání [mm]	Přepočtená pevnost zdících prvků v tlaku [MPa]
		Typ konstrukce	Výška zkušebního místa [m]		1.	2.	3.	4.		
SO1	1K1	Vnitřní stěna Interiér	1,0	2	11	11	12	-	11	10,2
			0,9	2	11	14	12	-	12	9,7
	1K2	Vnitřní stěna Interiér	1,0	2	8	8	7	-	8	11,9
			0,9	2	11	7	8	-	9	11,2
	1K3	Obvodová stěna Interiér	1,0	2	14	11	12	-	12	9,7
			0,9	2	11	11	10	-	11	10,2
Výběrová hodnota přepočtené pevnosti v tlaku zdících prvků R _m [MPa]:									10,48	
Výběrová směrodatná odchylka S _r [-]:									0,88	
Součinitel pro odhad dolní hranice konfidenčního intervalu t _n [-]:									0,60	
Pevnost v tlaku zdících prvků R [MPa]:									9,95	

Pevnost v tlaku zdící malty u cihelného zdiva na objektu SO2 a SO3

Označení objektu	Označení zkušební ho místa	Pozice zkušebního místa		Nastavený stupeň vrtání	Měřené hodnoty hloubky navrtání [mm]				Průměrná hodnota hloubky navrtání [mm]	Přepočtená pevnost malty v tlaku [MPa]
		Typ konstrukce	Výška zkušebního místa [m]		1.	2.	3.	4.		
SO2	2K1	Sloup Exteriér	1,0	2	9	8	6	-	8	11,9
			0,9	2	10	12	10	-	11	10,2
	2K2	Sloup Interiér	1,0	2	8	11	12	-	11	10,2
			0,9	2	16	14	12	-	14	9,0
	2K3	Obvodová stěna Interiér	1,0	2	18	8	7	11	9	11,2
			0,9	2	7	7	12	8	7	12,7
SO3	3K1	Obvodová stěna Exteriér	1,0	2	17	18	14	-	17	8,2
			0,9	2	16	14	16	-	15	8,7
	3K2	Sloup Interiér	1,0	2	8	12	10	-	10	10,7
			0,9	2	7	8	7	-	7	12,7
	3K3	Obvodová stěna Interiér	1,0	2	9	22	8	12	10	10,7
			0,9	2	8	12	9	-	10	10,7
Výběrová hodnota přepočtené pevnosti v tlaku zdící malty R _m [MPa]:									10,58	
Výběrová směrodatná odchylka S _r [-]:									1,45	
Součinitel pro odhad dolní hranice konfidenčního intervalu t _n [-]:									0,39	
Pevnost v tlaku zdící malty v ložné spáře R [MPa]:									10,0	

Pevnost v tlaku zdících prvků u cihelného zdiva na objektu SO2 a SO3

Označení objektu	Označení zkušebních o místa	Pozice zkušebního místa		Nastavený stupeň vrtání	Měřené hodnoty hloubky navrtání [mm]				Průměrná hodnota hloubky navrtání [mm]	Přepočtená pevnost zdících prvků v tlaku [MPa]
		Typ konstrukce	Výška zkušebního místa [m]		1.	2.	3.	4.		
SO2	2K1	Sloup Exteriér	1,0	2	9	5	7	-	7	12,7
			0,9	2	6	15	15	11	14	9,0
	2K2	Sloup Interiér	1,0	2	8	12	13	-	11	10,2
			0,9	2	11	15	15	-	14	9,0
	2K3	Obvodová stěna Interiér	1,0	2	10	10	10	-	10	10,7
			0,9	2	11	17	12	-	14	9,0
SO3	3K1	Obvodová stěna Exteriér	1,0	2	11	11	9	-	11	10,2
			0,9	2	10	11	6	-	9	11,2
	3K2	Sloup Interiér	1,0	2	12	10	14	-	12	9,7
			0,9	2	8	8	12	-	10	10,7
	3K3	Obvodová stěna Interiér	1,0	2	6	8	12	6	7	12,7
			0,9	2	9	10	12	-	11	10,2
Výběrová hodnota přepočtené pevnosti v tlaku zdících prvků R _m [MPa]:									10,44	
Výběrová směrodatná odchylka S _r [-]:									1,27	
Součinitel pro odhad dolní hranice konfidenčního intervalu t _n [-]:									0,39	
Pevnost v tlaku zdících prvků R [MPa]:									9,9	

Porovnání pevnosti zdících prvků vzhledem k rozdílu barevnosti a charakteru degradace

<i>Označení objektu</i>	<i>Označení zkušebního místa</i>	<i>Barva</i>	<i>Nastavený stupeň vrtání</i>	<i>Měřené hodnoty hloubky navrtání [mm]</i>				<i>Průměrná hodnota hloubky navrtání [mm]</i>	<i>Přepočtená pevnost v tlaku zdících prvků [MPa]</i>	<i>Průměrná hodnota pevnosti v tlaku zdících prvků Rm [MPa]:</i>
				<i>1.</i>	<i>2.</i>	<i>3.</i>	<i>4.</i>			
SO3	3K4	Oranžovo-červená	2	4	3	5	-	4	16,9	16,0
			2	5	8	4	6	5	15,1	
	3K4	Oranžová	2	8	10	10	-	10	10,7	10,5
			2	8	13	12	-	11	10,2	
	3K4	Poškozené stavivo (oranžová)	2	8	9	13	-	10	10,7	10,5
			2	10	10	12	-	11	10,2	

Příloha 4 – Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot pro stanovení pevnosti v tlaku destruktivní metodou

Ozn. Vzorku	Datum		Rozměr vzorku			Váha	Objemová hmotnost	Pevnost v tlaku	
	odebrání	zkoušení	délka	šířka	výška			Zatížení	
			[mm]	[mm]	[mm]	[g]	[kg/m ³]	[kN]	[MPa]
1J1.1	21.3.	3.4.	50,8	50,4	50,0	220,2	1720	35,89	14,02
1J1.2	21.3.	3.4.	50,4	51,4	50,6	234	1790	48,66	18,78
1J1.3	21.3.	3.4.	51,2	50,6	50,2	224,2	1720	36,12	13,94
1J1.4	21.3.	3.4.	50,4	51,4	50,2	234,2	1800	67,27	25,97
1J1.5	21.3.	3.4.	50,3	51,4	50,6	233,2	1780	59,12	22,87
1J2.1	21.3.	3.4.	50,2	50,5	50,3	217,4	1700	42,00	16,57
1J2.2	21.3.	3.4.	50,4	50,3	50,3	217	1700	41,47	16,36
1J2.3	21.3.	3.4.	50,2	50,2	50,2	217,6	1720	38,39	15,23
1J2.4	21.3.	3.4.	50,6	50,7	50,1	219,6	1710	38,53	15,02
1J3.1	21.3.	3.4.	50,0	50,4	50,7	219	1710	47,54	18,87
1J3.2	21.3.	3.4.	49,9	50,4	50,5	221,6	1740	44,81	17,82
1J3.3	21.3.	3.4.	50,2	50,4	50,3	225	1770	43,73	17,28
1J3.4	21.3.	3.4.	50,0	50,5	50,0	220,6	1750	57,15	22,63
1J3.5	21.3.	3.4.	50,2	50,3	49,8	212,8	1690	40,39	16,00
1J3.6	21.3.	3.4.	50,4	50,0	50,0	220,2	1750	43,65	17,32
1J3.7	21.3.	3.4.	50,6	49,0	50,6	217,8	1740	51,54	20,79
2J1.1	21.3.	3.4.	50,0	50,2	50,2	203,8	1620	41,84	16,67
2J1.2	21.3.	3.4.	49,8	50,1	50,4	198,2	1580	29,80	11,94
2J1.3	21.3.	3.4.	50,2	50,4	50,3	203,8	1600	38,01	15,02
2J2.1	21.3.	3.4.	50,3	50,0	49,3	201,6	1630	28,49	11,33
2J2.2	21.3.	3.4.	50,0	50,2	50,3	202,6	1600	42,04	16,75
3J1.1	21.3.	3.4.	50,3	50,3	50,4	213,6	1680	33,60	13,28
3J1.2	21.3.	3.4.	50,2	50,2	50,3	216,4	1710	47,70	18,93
3J1.3	21.3.	3.4.	50,2	50,3	50,5	218,2	1710	40,93	16,21
3J1.4	21.3.	3.4.	50,2	50,4	50,3	213,6	1680	48,31	19,09
3J1.5	21.3.	3.4.	50,4	50,1	51,2	218,2	1690	59,07	23,39
3J1.6	21.3.	3.4.	50,2	50,5	50,4	216,4	1690	48,94	19,30
3J2.1	21.3.	3.4.	50,4	50,5	50,4	214,8	1670	55,41	21,77
3J2.2	21.3.	3.4.	50,2	50,2	50,2	219,4	1730	62,09	24,64
3J2.3	21.3.	3.4.	49,6	50,0	50,0	215	1730	61,03	24,61
3J2.4	21.3.	3.4.	50,1	50,0	49,9	219	1750	23,25	9,28
3J2.5	21.3.	3.4.	50,0	50,4	50,0	211,2	1680	42,32	16,79
3J3.1	21.3.	3.4.	50,0	50,0	50,0	229,4	1840	172,93	69,17
3J3.2	21.3.	3.4.	50,0	50,0	50,5	227,4	1800	82,15	32,86
3J3.3	21.3.	3.4.	50,0	50,0	50,7	225	1780	66,49	26,60
3J3.4	21.3.	3.4.	50,1	50,7	50,7	231,8	1800	93,22	36,70
3J3.5	21.3.	3.4.	50,4	50,0	49,7	228,2	1820	57,60	22,86
3J3.6	21.3.	3.4.	50,8	50,2	50,2	224,2	1750	47,42	18,59
3J3.7	21.3.	3.4.	50,4	51,1	50,5	215,6	1660	65,01	25,24
3J3.8	21.3.	3.4.	50,2	50,3	51,2	232,6	1800	73,62	29,16

Hodnota pevnosti v tlaku u zkušební vzorku 3J3.1 se lišila o více než 30 % od průměrné hodnoty, proto tato hodnota byla vyřazena a nebyla použita do výpočtu.